



TUGAS AKHIR MM-091381

**PENGARUH PENAMBAHAN YTTRIUM (Y) TERHADAP
STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADUAN
Mg-6Zn**

ADVENT H. HUTASOIT
NRP. 2710 100 091

Dosen Pembimbing
Sutarsis, S.T., M.Sc. Eng.

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT MM-091381

**EFFECTS OF YTTRIUM (Y) ADDITION ON THE
MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL
PROPERTIES OF Mg-6Zn ALLOY**

ADVENT H. HUTASOIT
NRP. 2710 100 091

Advisor
Sutarsis, S.T., M.Sc.Eng.

Materials And Metallurgicals Engineeringdepartment
Faculty Of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

**PENGARUH PENAMBAHAN YTTRIUM (Y)
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT
MEKANIK PADUAN Mg-6Zn**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)
pada
Bidang Studi Metalurgi Manufaktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan
Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

Advent H. Hutasoit

NRP. 2710100091

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

I. Sutarsis, S.T., M.Sc Eng. (Pembimbing)



PENGARUH PENAMBAHAN YTTRIUM (Y)
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK
PADUAN Mg-6Zn

Nama : Advent H. Hutasoit
NRP : 2710 100 091
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen : Sutarsis, S.T., M.Sc.Eng.

Abstrak

Magnesium merupakan logam paling ringan (densitas 1.80 gr/cm^3). Dengan densitas paling rendah diantara semua logam, Magnesium (Mg) telah membuka peluang baru pada pengembangan material ringan dimana sifat mekanik yang tinggi diperlukan dengan berat material yang rendah

Magnesium-zinc dipadukan dengan yttrium dengan prosentase; 0.5; 1; 1.5; 3 dilebur didalam furnace. temperatur yang digunakan untuk melebur adalah 740^0C dan waktu penahanan adalah 50 menit. logam cair didinginkan secara lambat dialam furnace hingga mencapai temperatur kamar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Yttrium meningkatkan. Nilai kekerasan, dan menurunkan thermal ekspansi paduan magnesium . Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada paduan dengan 3 wt%Y yaitu 96.26 BHN, sementara nilai koefisien thermal ekspansi terendah terdapat pada paduan dengan 1.5wt% Y yaitu 22.45 ppm/C. peningkatan kekerasan ini dipercaya karena penghalusan butir dan timbulnya fasa fasa baru yang tersusun secara lamellar pada secondary phase.

Kata kunci; magnesium, yttrium, magnesium-zinc, kekerasan, koefisien thermal ekspansi

(halaman ini sengaja dikosongkan)

EFFECTS OF YTTRIUM ADDITION ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Mg-6Zn ALLOY

Nama : Advent H. Hutasoit
NRP : 2710 100 091
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen : Sutarsis, S.T., M.Sc.Eng.

Abstract

Magnesium is the lightest metal (density 1.80 gr/cm³). With the lowest density among all metals, magnesium (Mg) has opened the new opportunities in the development of lightweight materials where high mechanical properties required by the low weight of the material.

Magnesium-zinc were alloyed with variable 0.5, 1, 1.5, and 3 wt% of yttrium melted in the furnace. The alloy melted at 720°C held for 50 minutes and slowly cooled in the furnace until it reaches room temperature.

The Result was showing that the addition of yttrium increased the hardness and decreased the thermal expansion of the alloys. The Highest hardness was obtained from 3 wt% Y alloy by 96.26 BHN. Lowest thermal expansion was obtained from 1.5 wt%Y alloy by 22.45 ppm/C. The high strengths of the alloys were thought due to the hardening by the grain refinement and the appearance of new phases structured in lamellar in the secondary phase.

Key words ; magnesium, yttrium, magnesium-zinc, hardness , thermal expansion coefficient

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera .

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa penguasa alam semesta yang telah memberi penulis kekuatan, kesabaran dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

" PENGARUH PENAMBAHAN YTTRIUM (Y) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADUAN Mg-6Zn"

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi - Fakultas Teknologi Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya .

Penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Keluarga penulis Bapak dan Ibu
2. Bapak Sutarsis, S.T., M.Sc.Eng
3. Bapak Sungging Pintowantoro selaku dosen wali penulis selama perkuliahan
4. Segenap dosen penguji siding Tugas Akhir Penulis
5. Kakak Dina Rosenna Hutasoit, selaku kakak penulis

Besar harapan kami tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak penulis maupun seluruh mahasiswa ITS. Tidak dipungkiri bahwa dengan keterbatasan waktu , masih banyak kekurangan dari Laporan Tugas Akhir kami.

Terima kasih

surabaya , juli 2014

penulis

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HalamanJudul	i
LembarPengesahan	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar	xiii
DaftarTabel.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakang.....	1
1.2 PerumusanMasalah	3
1.3 BatasanMasalah	3
1.4 TujuanPenelitian	4
1.5 ManfaatPenelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Magnesium (Mg)	5
2.2 Seng (Zn)	5
2.3 Yttrium (Y).....	7
2.4 Pengaruh Penambahan Unsur Paduan pada Magnesium...8	
2.4.1 Pengaruh elemen Yttrium terhadap paduan magnesium.....	12
2.4.2 pengaruh elemen Zinc terhadap paduan magnesium.....	13
2.5 Aplikasi paduan magnesium	14
2.5.1 spesifikasi engine block	16
2.7 kajian penelitian sebelumnya	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 RancanganPenelitian.....	23
3.3Bahan dan Peralatan Penelitian.....	23

3.3.1 Bahan Penelitian	23
3.3.2 Peralatan Penelitian.....	25
3.4 Variabel Penelitian.....	32
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	33
3.5.1 Persiapan Bahan.....	29
3.5.2 Proses <i>Pengujian</i>	33
3.5.2.1 Pengujian Metalografi.....	33
3.5.2.2 Pengujian Kekerasan.....	34
3.5.2.3 Pengujian Analisa Difraksi Sinar X (XRD)	34
3.5.2.4 Pengujian TMA	35
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Variasi Preparasi Spesimen	37
4.1.1 Hasil Pengujian XRD	38
4.1.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro	40
4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan	46
4.1.4 Hasil Uji TMA.....	48
4.2 Pembahasan	50
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel sifat penting magnesium	5
Tabel 2.2	Beberapa sifat fisik penting dari zinc	6
Tabel 2.3	Beberapa sifat fisik penting Yttrium	8
Tabel 2.4	pengaruh beberapa element terhadap magnesium (VP. Sharifi 2012).....	9
Tabel 2.5	Kode ASTM pada unsur paduan magnesium.....	11
Tabel 2.6	Tabel paduan Mg-Y (ASM metal hanfbook vol 3)...	13
Tabel 2.7	aplikasi paduan magnesium secara global s	15
Tabel 2.8	beberapa paduan yang telah digunakan sebagai aplikasi engine block (American Foundry Society)...	16
Tabel 3.1	Rancangan penelitian	23
Tabel 3.2	Tabel komposisi yttrium	25
Tabel 4.1	Tabel pengaruh penambahan komposisi yttrium terhadap nilai kekerasan paduan Mg-6Zn 43	7

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 diagram fasa Mg-Y, (ASM Metal Handbook vol.3)...	13
Gambar 2.2 Diagram Fasa Mg-Zn (ASM Metal Handbook vol.3).....	14
Gambar 2.3 Mg-6Zn-1.2Y and Mg-5Zn-2Y alloys	18
Gambar 2.4 SEM struktur mikro Mg-6Zn-1.2Y dan Mg-5Zn-2Y) ..	18
Gambar 2.5 struktur mikro paduan MgZnY: a paduan 1, b paduan 2, c paduan 3, d paduan 4, e paduan 5	19
Gambar 2.6 Hasil XRD paduan Mg-Zn-Y	20
Gambar 3.1 Flow chart metodologi penelitian	22
Gambar 3.2 Magnesium	24
Gambar 3.3 Zinc.....	24
Gambar 3.4 Yttrium	25
Gambar 3.5 Tungku.....	26
Gambar 3.6 Krus	26
Gambar 3.7 Timbangan digital.....	27
Gambar 3.8 Kikir	27
Gambar 3.9 Kertas amplas	28
Gambar 3.10 Gergaji Tangan	28
Gambar 3.11 Gergaji Mesin	29
Gambar 3.12 Mesin uji kekerasan	29
Gambar 3.13 Mikroskop optik	30
Gambar 3.14 Mesin grinding dan polishing	30
Gambar 3.15 Alat uji XRD	31
Gambar 3.16 Alat uji TMA	31
Gambar 4.1 Hasil melting paduan Mg-6Zn	37
Gambar 4.2 hasil Uji XRD Pada paduan Hasil melting (a, Mg- 6Zn+0.5Y)), b, Mg-6Zn+1Y)), (c, Mg-6Zn+1.5Y) , (d, Mg-6Zn+3Y).....	38
Gambar 4.3 Hasil struktur mikro Mg-6Zn, (a) skala 50 μm (b) sakala 20 μm	41
Gambar 4.4 Hasil struktur mikro M6-6Zn+0.5 Y (a) skala 50 μm (b) sakala 20 μm	42

Gambar 4.5 Hasil struktur mikro M6-6Zn+1 Y (a) skala 50 μm (b) skala 20 μm	43
Gambar 4.6 Hasil struktur mikro M6-6Zn+1.5Y (a) skala 50 μm (b) skala 20 μm	44
Gambar 4.7 Hasil struktur mikro M6-6Zn+3Y (a) skala 50 μm (b) skala 20 μm	45
Gambar 4.8 Grafik distribusi kekerasan	46
Gambar 4.9 Grafik distribusi thermal ekspansi (a) Mg- 6Zn+1Y, (b) Mg-6Zn+1.5Y	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkurangnya persediaan bahan bakar fosil dunia dan kenaikan harga bahan bakar yang drastis, telah memaksa industri otomotif untuk menacari bahan pengganti besi dan baja dengan bahan yang lebih ringan. Terdapat kenaikan minat pada konstruksi ringan sejak industri mobil berkomitmen akan mengurangi sebesar 25 % konsumsi bahan bakar untuk semua mobil baru mulai tahun 2005. Dalam industri otomotif, pengurangan berat kendaraan berarti juga mengurangi biaya bahan bakar dan juga mengurangi jumlah emisi gas buang kendaraan. Produksi magnesium telah berkembang sekitar 3% pertahun, magnesium alloy banyak diproduksi dengan die casting khususnya untuk komponen otomotif. Magnesium (Mg) merupakan logam paling ringan, dengan dengan densitas $1,80 \text{ g/cm}^3$, paduan Mg 30% lebih ringan dari aluminium (Al) dan 70% lebih ringan dari baja (Kenneth Lee 2010). Dengan densitas paling rendah diantara semua logam dan paduan magnesium mempunyai kekuatan yang sama dengan baja, Magnesium (Mg) telah membuka peluang baru pada pengembangan material ringan. Kekuatan yang tinggi, machining ability yang baik, weld ability membuat paduan magnesium sebagai calon yang sangat baik untuk aplikasi otomotif seperti steering wheel, gearbox housings, seat frames, dan cylinder block. Paduan magnesium digunakan pada aplikasi dimana sifat mekanik yang tinggi diperlukan dengan berat material yang rendah. Ada berbagai macam paduan komersial masa kini seperti baja, dan aluminium, namun paduan Mg sangat terbatas. Ada dua alasan mengapa paduan Mg sedikit pemakaiannya pertama, Magnesium (Mg) mempunyai mempunyai kekuatan yang relative rendah pada temperature dibawah 200°C . Kedua, pertumbuhan orientasi (texture) *kristalography* yang secara substansional membatasi

sifat mampu tempa terutama pada temperatur kamar. Cara yang paling efektif untuk meningkatkan kekuatan dan keuletan dari magnesium adalah dengan menambahkan elemen paduan (Seyed Amir Farzadfar, 2012)

Paduan berbasis Mg-Zn biasanya dianggap sebagai salah satu kandidat yang sangat menjanjikan karena harganya yang murah dan aging hardening yang baik. Akan tetapi paduan binary Mg-Zn mempunyai sifat mekanik yang rendah karena adanya fasa Mg-Zn yang kasar. Oleh karena itu unsur *rare earth element* (RE) umumnya ditambahkan untuk meningkatkan sifat mekanik paduan binary Mg-Zn. Perlu dicatat bahwa penambahan RE selalu menyebabkan pengendapan beberapa fasa seperti I-phase dan W-phase. I-phase dan W-phase (Mg_3Zn_2RE) terbentuk dengan dasar komposisi kimia Mg-Zn-RE. I-phase (Mg_3Zn_6RE) mempunyai sifat mekanik yang baik seperti kekerasan yang tinggi (liu 2013).

Yttrium (Y) dianggap sebagai salah satu elemen yang paling efektif untuk meningkatkan sifat mekanik paduan magnesium (Mg). Yttrium dipercaya efektif pada pengerasan melalui solid solution, dan modifikasi rekristalisasi struktur. Yttrium telah digunakan pada sejumlah paduan komersial dengan kekuatan tinggi. Namun, belum jelas bagaimana lelemen Y mempengaruhi sifat mekanik paduan magnesium selama pemrosesan dan setelah pemakaian produk. Oleh karena itu penting untuk mengetahui pengaruh Y terhadap sifat mekanik dari Y terhadap paduan magnesium dan memahami mekanisme deformasi. (Xiaohui Jia, 2013)

Bin Chen dkk telah meneliti tentang pengaruh penambahan Yttrium dan zinc terhadap struktur mikro dan sifat mekanik paduan Mg-Zn-Y. Penambahan Yttrium meningkatkan temperatur eutektik paduan Mg-Zn-Y. Peningkatan penambahan Yttrium akan menaikkan kekuatan dan menurunkan elongasi paduan Mg-Zn-Y.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti dalam tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh variasi penambahn komposisi Ytrium(Y) terhadap mikrostruktur dan sifat mekanik paduan $Mg-6 Zn + x Y$ ($x = 0.5, 1, 1.5$) dengan menggunakan *Conventional Melting*.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan dan tidak menyimpang dari permasalahan maka batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak ada oksidasi karena atmosfer di dalam furnace diberi gas Argon(Ar).
2. Pencampuran Mg-ZN dan Y homogen.
3. Unsur-unsur pengotor Mg, Zn, dan Y dianggap tidak ada.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi Ytrium(Y) terhadap struktur mikro dan sifat mekanik paduan $Mg-6 Zn + x Y$ ($x = 0.5, 1, 1.5, 3$)

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah agar dapat menghasilkan paduan logam dengan sifat mekanik yang baik sehingga dapat digunakan pada aplikasi otomotif.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Magnesium (mg)

Magnesium adalah logam paling ringan karena mempunyai densitas paling rendah 1.74 gr/cm^2 , hal ini menjadikan magnesium mejadi material yang sering digunakan sebagai material untuk struktur komersial. Densitas yang rendah dari magnesium digabung dengan kekuatan yang tinggi membuat magnesium menjadi pilihan untuk component material ringan. Adapun sifat fisik lain dari magnesium ditunjukkan pada tabel 2.1. Selain itu, titik leleh yang rendah memungkinkan castability yang baik sehingga efisien untuk produksi dengan cara dicor akan tetapi, keelektronegatifan yang tinggi magnesium terhadap pengotor menjadikan magnesium sangat rentan terhadap korosi galvanik. Magnesium dapat dipadukan degan berbagai macam elemen untuk menambah sifat mekanik, mampu bentuk, dan ketahanan korosi. Element–elemen paduan utama yang biasa ditambahkan adalah aluminium, zinc, zirconium, dan yittrium.

Tabel 2.1 Beberapa sifat fisik penting dari magnesium (Garcia 2010)

Crystalline structure	Hexagonal close packet
Atom radius	0,159 nm
Melting point	648
Latent heat of fusion	382 KJ/kg
Oxidation standart	-2,4 volt

Magnesium murni tidak dapat digunakan sebagai bahan untuk material structural maupun otomotif karena memiliki sifat mekanik yang tidak begitu bagus (kekerasan brinell 32 dan yield strength 21 MPa). Agar magnesium bisa digunakan sebagai komponenen struktural, magnesium perlu memiliki kekuatan dan keuletan yang cukup terhadap beban dinamik maupun statis pada temperatur kamar. Kekuatan dapat dipengaruhi oleh kombinasi mekanisme pengerasan seperti solid solution hardening, dan pengerasan batas butir. Ductility magnesium dapat ditingkatkan dengan penghalusan butir (grain refining). Penguatan dapat diperoleh dengan penambahan unsur paduan tertentu. Penambahan ini juga mempengaruhi sifat lain seperti titik lebur, dan castability. Element paduan yang sering digunakan seperti aluminium, seng, mangan, dan zirkonium. Penambahan yttrium digunakan untuk aplikasi temperature tinggi. (García, 2010).

2.2. Seng (Zn)

Zinc memiliki banyak efek pada paduan yaitu dapat meningkatkan kekuatan pada temperature kamar, ketahanan korosi, presipitasi hardening pada beberapa paduan (Barber 2004). Zinc merupakan salah satu paduan paling sering digunakan pada magnesium. Selama pencairan dan pengecoran Zn membantu meningkatkan fluiditas akan tetapi dapat mendorong terjadinya mikro porositas selama pengecoran. Zinc bertindak sebagai grain refiner hal ini meningkatkan kekuatan pada paduan. Zn juga membantu menghalangi terjadinya korosi akibat pengotor seperti elemen nickel dan besi pada paduan magnesium.

Tabel 2.2 Beberapa sifat fisik penting dari zinc

Crystalline structur	HCP
Density (gr/cm3)	7,19
Atomic weight	65.39
Atomic number	30
Melting point C	419.6
Boiling point C	906

2.3 Yttrium (Y)

Yttrium ditemukan oleh J. Gadolin pada tahun 1794 di Abo, Finlandia. Umumnya Yttrium digunakan dalam bentuk Yttrium (III) oksida, yang digunakan sebagai paduan tambahan untuk meningkatkan kekuatan paduan magnesium dan aluminium. Yttrium merupakan material yang lembut dan berwarna silver-metalik serta berkilau. Yttrium murni relatif stabil di udara dalam bentuk bongkahan, karena energy pasivasi yang dihasilkan dari pembentukan oksida pelindung (Y_2O_3) pada lapisan permukaannya. Lapisan ini dapat mencapai ketebalan 10 μm ketika yttrium dipanaskan pada temperature 750 °C. sejumlah kecil yttrium (0,1 – 0,2 %) telah digunakan untuk mengurangi butiran dari Cr, Mo, Ti, dan Zr. Yttrium juga digunakan untuk

meningkatkan kekuatan pada paduan aluminium dan magnesium. Penambahan dari yttrium pada paduan umumnya meningkatkan kemampuan kerja, menambah ketahanan terhadap temperature tinggi dan secara signifikan meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi.

Tabel 2.3 Beberapa sifat fisik penting dari Yttrium

Crystalline structure	HCP
Density (gr/cm ³)	4,472
Atomic weight	88,90
Atomic number	39
Melting point C	1526
Boiling point C	3336

2.4. Pengaruh Penambahan Unsur Paduan pada Magnesium

Cara yang paling efektif untuk meningkatkan kekuatan dan keuletan dari magnesium adalah dengan menambahkan elemen paduan. Peningkatan sifat mekanik ini dapat dipengaruhi secara langsung dengan meningkatkan kandungan unsur zat terlarut, ataupun secara tidak langsung misalnya dengan efek penghalusan butir, dan pengembangan fasa intermetalik. Beberapa kemajuan dalam hal ini telah dicapai dengan

penambahan paduan zinc, dan unsure rare earth elements digunakan dalam penelitian ini. Seperti banyak logam magnesium murni jarang sekali dipakai untuk aplikasi industri. Paduan digunakan untuk meningkatkan sifat mampu bentuk dari campuran dan hasil pengecoran. Paduan yang umum digunakan pada magnesium adalah zinc dan aluminium. Manganese, zirconium, silicon, dan rare earth elemen yang mempunyai sifat yang signifikan pada sifat paduan. **Tabel 2.4** menunjukkan pengaruh beberapa elemen pada sifat paduan magnesium.

Tabel 2.4 Pengaruh beberapa element terhadap magnesium (VP. Sharifi 2012)

Elemen paduan	
Aluminium	<p>Meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik</p> <p>Forms precipitation of intermetallic phase(Mg17Al12)</p> <p>Memperbaiki mampu cor</p> <p>Meningkatkan ketahanan korosi</p>
Zinc	<p>Meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik</p> <p>Refine grain structure</p> <p>Memperbaiki mampu cor</p>

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

	Meningkatkan ketahanan korosi
Manganese (Mn)	Meningkatkan ketahanan korosi dengan mengurangi efek dari besi Meningkatkan yield strength
Silicon (Si)	Meningkatkan viskositas logam cair Memperbaiki ketahanan creep
Rare Earth Metals	Reduces the freezing range Meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik

Penamaan paduan magnesium berdasarkan standar ASTM, masing-masing paduan ditandai dengan huruf yang menunjukkan elemen paduan utama dan diikuti dengan presentase berat unsur paduan. Pada **tabel 2.5** menunjukkan symbol huruf pada setiap unsur paduan.

Tabel 2.5 Kode ASTM pada unsur paduan magnesium (keener 2003)

Huruf Singkatan	Unsur Paduan	Huruf Singkatan	Unsur Paduan
A	Aluminium	N	Nikel
B	Bismuth	P	Lead
C	Tembaga	Q	Perak
D	Kalsium	R	Krom
E	Tanah jarang	S	Silicon
F	Besi	T	Timah
H	Thorium	W	Yttrium
K	Zirconium	Y	Antimony
L	Litium	Z	Zink
M	Mangan		

Pada **tabel 2.5** menjelaskan huruf singkatan unsur paduan magnesium sesuai dengan standar ASTM. Contoh pada paduan AZ19D dimana menjelaskan unsur aluminium (A) mengandung 9% dan Zink (Z) mengandung 1% dan juga huruf terakhir pada paduan ini menjelaskan tahap perkembangan paduan ini yaitu 4 (D). Sesuai dengan spesifikasi DIN yaitu

MgAl9Zn1. Pada paduan magnesium ASTM menentukan standar komposisi (nilai berat %): Al 8.3-9.7; Zn 0.35-1.0; Si maks 0.1; Mn maks 0.15; Cu maks 0.3; Fe maks 0.005; Ni maks 0.002; unsur lainnya 0.02. Unsur yang harus lebih diperhatikan yaitu unsur Besi, nikel, tembaga memiliki efek berbahaya dapat mempengaruhi ketahanan korosi [mitarbeiter].

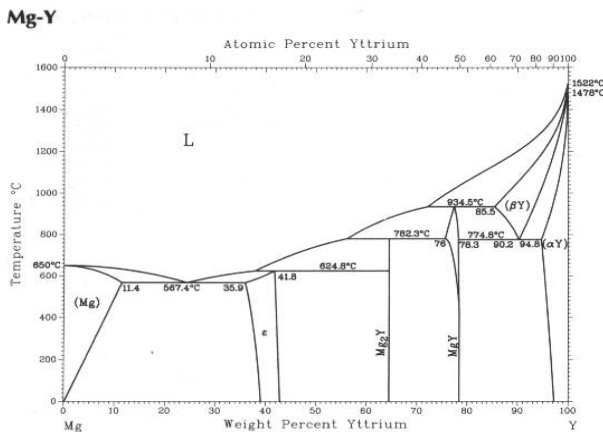
2.4.1 Pengaruh elemen Yttrium pada Paduan Magnesium

Paduan dengan elemen Y menunjukkan kekuatan yang sangat tinggi pada temperature kamar dibandingkan paduan Mg lain yang mengandung cerium, lanthanum, praseodymium, thorium dan neodmium (LLRokhlin, 2003). Diagram fasa Mg-Y menunjukkan kelarutan Y berkurang seiring meningkatnya temperature. Diagram fasa Mg-Y ditunjukkan pada gambar 2.1. Ada tiga senyawa biner dalam diagram fasa Mg-Y yaitu, Mg₂₄Y₅, Mg₂Y, dan MgY. Kelarutan maximum dari Y dalam larutan padat Mg terjadi pada tempreratur eutektit 650 ° C dan pada komposisi 12 %. Kelarutan Y menurun dengan menurunnya temperatur (R.Muraliraja 2013).

Sejumlah paduan magnesium dengan unsur tanah langka telah diproduksi dan digunakan pada aplikasi industri. Paduan WE54A megandung Y sebagai elemen paduan dominan, adalah salah satu paduan magnesium dengan proses cor terbaru, kekuatan tigggi pada temperatur tinggi adalah keuntungan utama dari paduan WE54A. paduan seperti WE43 juga dikembangkan untuk aplikasi industry. Serangkaian paduan Mg dengan Y sebagai paduan utama telah dikembangkan di Rusia seperti IMV5, IMV6, IMV7 dan IMV8 (L.L.Rokhlin 2003).

Tabel 2.6 Tabel paduan Mg-Y (ASM Metal Handbook vol.3)

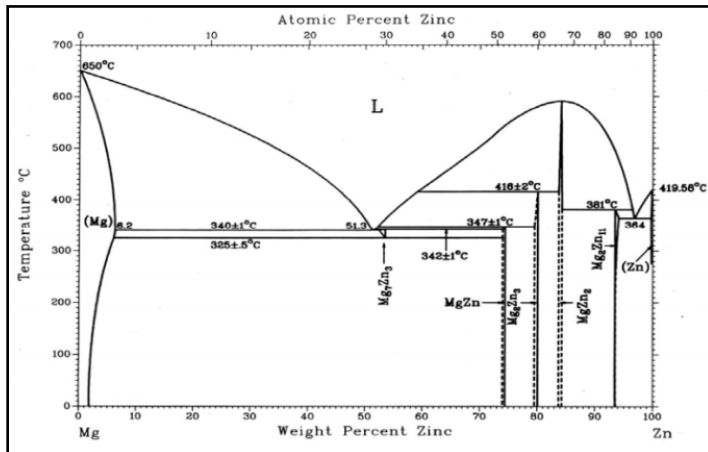
Phase	Composition, wt% Y	Pearson symbol	Space group
(Mg)	0 to 11.4	<i>hP2</i>	<i>P6₃/mmc</i>
ϵ	35.9 to 41.8	<i>cI58</i>	<i>I43m</i>
Mg ₂ Y	64.6	<i>hP12</i>	<i>P6₃/mmc</i>
MgY	76 to 78.3	<i>cP2</i>	<i>Pm3m</i>
(β Y)	85.5 to 100	<i>cI2</i>	<i>Im3m</i>
(α Y)	94.8 to 100	<i>hP2</i>	<i>P6₃/mmc</i>


Gambar 2.1 Diagram fasa Mg-Y, (ASM Metal Handbook vol.3)

2.4.2 Pengaruh elemen Zn terhadap paduan Magnesium

Zinc merupakan salah satu paduan yang paling sering digunakan pada magnesium. Zn sering digabung dengan aluminium untuk meningkatkan kekuatan pada temperaur kamar (Magnesium and Magnesium Alloys, ASM International, 1999.). selama proses melting dan casting, Zn meningkatkan fluiditas tetapi dapat menyebabkan mikro porositas pada saat pengecoran.(

Emley, 1966) . Zn bertindak sebagai grain refiner hal ini dapat meningkatkan kekuatan dari paduan. Zn juga membantu mengatasi efek pengotor seperti nickel dan besi dari bahaya korosi pada paduan magnesium. Magnesium and Magnesium Alloys, ASM International, 1999.) Sebagai aturan komposisi Zn tidak melebihi kelarutan maksimum yaitu 6,2% lihat diagram fasa pada gambar_2.2 kelarutan menurun secara subtansional dengan menurunnya 14temperature- kelarutan adalah 1,1 Wt % temperaut kamar. Dekomposisi kelarutan padat jenuh Zn dapat dikendalikan dengan perlakuan panas.(Westengen 1995).



Gambar 2.2 Diagram fasa Mg-Zn , (ASM Metal Handbook vol.3)

2.5 Aplikasi Paduan Magnesium

Magnesium merupakan paduan yang banyak sekali aplikasinya. Hal ini dikarenakan paduan ini merupakan paduan logam ringan. Magnesium merupakan material yang mempunyai aplikasi sebagai material *aerospace*, *automotive* dan *structural*.

Dalam hal otomotif, magnesium merupakan material yang bagus untuk digunakan. Paduan magneium bisa digunakan dalam bidang otomotif sebagai material untuk *interior*, *body*, *chassis* dan power train. Berikut merupakan tabel aplikasi magnesium dalam hal *automobiles*.

Tabel 2.7 Aplikasi magnesium secara global dalam hal *automobiles* (Arslan Kaya 2013).

System	Component	North America	Europe	Asia
Interior	Instrument panel	Yes	Yes	Yes
	Knee bolster retainer	Yes		
	Seat frame	Yes	Yes	Yes
	Seat riser	Yes	Yes	Yes
	Seat pan	Yes	Yes	
	Console bracket	Yes		
	Airbag housing	Yes		
	Center console cover		Yes	
	Steering wheel	Yes	Yes	Yes
	Keylock housing	Yes		
	Steering column parts	Yes	Yes	Yes
	Radio housing	Yes		
	Glove box door	Yes		
	Window motor housing	Yes	Yes	
Body	Door frame		Yes	
	Liftgate	Yes	Yes	
	Roof frame	Yes	Yes	
	Sunroof panel	Yes	Yes	
	Mirror bracket	Yes	Yes	
	Fuel filler lid		Yes	
	Door handle		Yes	Yes
	Spare tire carrier	Yes		
Chassis	Wheel (racing)	Yes	Yes	Yes
	ABS mounting bracket	Yes		
	Brake pedal bracket	Yes		Yes
	Brake/accelerator bracket	Yes		
	Brake/clutch bracket	Yes		
Powertrain	Brake pedal arm	Yes		
	Engine block		Yes	
	Valve cover/cam cover	Yes	Yes	Yes
	4WD transfer case	Yes		
	Transmission case		Yes	Yes
	Clutch housing and piston	Yes		
	Intake manifold	Yes	Yes	
	Engine oil pan		Yes	Yes
	Alternator/AC bracket	Yes		
	Transmission stator	Yes		
	Oil filter adapter	Yes		Yes
	Electric motor housing	Yes		

Dari tabel diatas diketahui bahwa paduan magnesium dapat digunakan pada berbagai macam aplikasi otomotif. Misalnya pada *power train*, magnesium dapat digunakan sebagai material *engine block*, *valve*, *transmission case* dan lain-lain. Padahal pada umumnya aplikasi *power train* terbuat dari material

paduan aluminium. Akan tetapi saat ini paduan magnesium telah digunakan berbagai produsen untuk pengganti paduan aluminium.

Berbagai produsen otomotif telah menggunakan paduan magnesium sebagai power train. Misalkan pada produsen mobil VW dan Audi. Produsen tersebut telah memproduksi dalam kapasitas tinggi untuk *transmission case* di bagian Eropa dan Asia. Bukan hanya itu, magnesium telah diaplikasikan sebagai *valve covers* di Amerika Utara, Eropa, dan Asia. Dalam aplikasi ini, magnesium hanay dioerasikan pada temperatur dibawah 120°C. Akan tetapi pada aplikasi magnesium yang memerlukan tahan temperatur tinggi misalkan pada *engine block*, maka paduan magnesium harus memiliki *creer resistant* yang baik. Pada produsen Honda menggunakan paduan baru yaitu ACM522 (Mg - Al 5% - 2 % Ca - 2 % RE) dalm produksi Honda Insight. Keputusan yang diambil Honda untuk membuatnya dengan menggunakan paduan magnesium karena paduan magnesium tersebut mampu menghemat beban 35% lebih ringan daripada aluminium

2.5.1 Spesifikasi Engine Block

Sepesifikasi engine block sengaja dilampirkan sebagai pembanding terhadap paduan pada penelitian . dibawah ini beberapa paduan yang telah digunakan sebagai material engine block yang telah digunakan General Motor

Tabel 2.8 Beberapa paduan yang telah digunakan sebagai aplikasi engine block (American Foundry Society 2004)

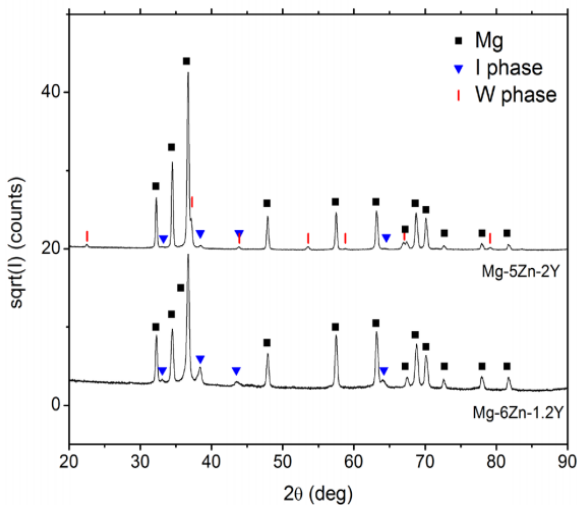
Properties \ Paduan	A319-T5	A356-T6
Komposisi	6Si-3.5Cu-1Fe-1Mg	7Si-0.3Mg-0.2Fe-0.1Mg

Kekerasan BHN	80	80
Koefisien thermal ekspansi	-	$T_{20-100}^{\circ\text{C}} = 20.5$
	$T_{20-200}^{\circ\text{C}} = 21.4$	$T_{20-200}^{\circ\text{C}} = 21.5$

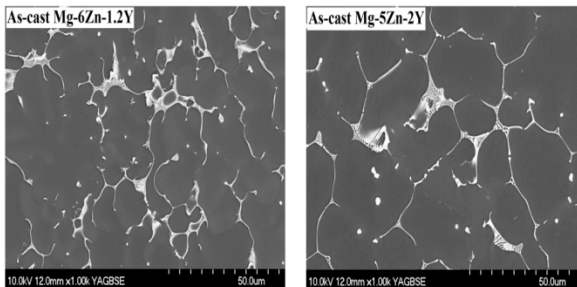
2.6 Kajian Penelitian Sebelumnya

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh penambahan Yttrium terhadap struktur dan sifat mekanik paduan Mg-Zn-Y salah satunya adalah (Farzadfar 2012) yaitu Pengaruh Yttrium pada Mikrostruktur dan Tekstur *deformed Magnesium*. Magnesium dengan kemurnian 99%, Zn 99,9%, Y 99,9% digunakan untuk membuat Mg-6Zn-1,2Y dan Mg-5Zn-2Y. Paduan dicairkan dengan menggunakan furnace induksi (Norax Canada Inc., copper coil, ≈ 8 kHz), dialiri gas SF₆ + CO₂ dengan kecepatan alir 1,5L/min. Zinc ditambahkan kedalam Mg cair (700°C) setelah itu Y baru ditambahkan. Temperatur ditambah 40°C kemudian ditahan sekitar 30 menit dan diaduk secara berkala. Pengadukan dilakukan untuk menghilangkan Yttrium yang tidak terlarut. Berdasarkan hasil pengujian XRD, fasa utama paduan Mg-6Zn-1.2Y adalah α -Mg.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



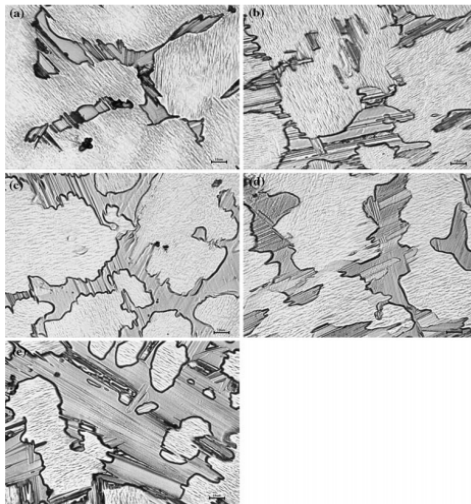
Gambar 2.3 Mg-6Zn-1.2Y and Mg-5Zn-2Y alloys



Gambar 2.4 SEM sstruktur mikro Mg-6Zn-1,2Y dan Mg-5Zn-2Y (Seyed Amir Farzadfar 2012)

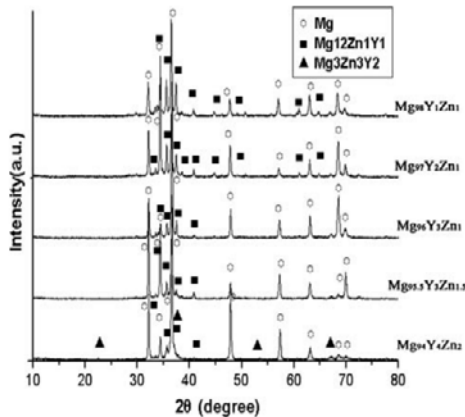
Analisis struktur mikro dilakukan dengan menggunakan *backscatterd electrons* ditunjukkan pada gambar 2.4 menunjukkan bahwa *I-Phase* dalam Mg-6Zn-1.2Y terbentuk melalui reaksi eutektik didaerah antar dendritik, karena itu fasa ini diamati dalam bentuk butiran pipih, dan fitur antar dendritic memanjang pada bagian planar (Farzadfar 2012).

Kemudian ada penelitian yang dilakukan oleh Bin Chen 2010 tentang Pengaruh penambahan yttrium dan Zinc pada struktur mikro dan sifat mekanik dari paduan Mg-Y-Zn. Penambahan Yttrium meningkatkan temperatur eutektik paduan Mg-Zn-Y. untuk mengetahui perbedaan pengaruh variasi penambahan Yttrium pada penelitian ini digunakan 5 sampel yaitu $Mg_{98}Zn_1Y_1$ (paduan 1), $Mg_{97}Zn_2Y_1$ (paduan 2), $Mg_{96}Zn_3Y_1$ (paduan 3), $Mg_{95.5}Zn_3Y_{2.5}$ (paduan 4), dan $Mg_{94}Zn_4Y_2$ (paduan 5),



Gambar 2.5 Struktur mikro paduan MgZnY: a paduan 1, b paduan 2, c paduan 3, d paduan 4, e paduan 5.

Gambar 2.5 menunjukkan *optical micrograph as cast alloys*. Menunjukkan bahwa *secondary phase* terdistribusi disepanjang batas butir, struktur lamellar pada gambar diamati sebagai *secondary phase*. Gambar 26a-e menunjukkan dengan penambahan komposisi Yttrium *secondary phase* berubah dari jaringan distribusi yang terputus putus ke jaringan distribusi yang kontinu. Lebar dari *secondary phase* juga meningkat secara progresif.

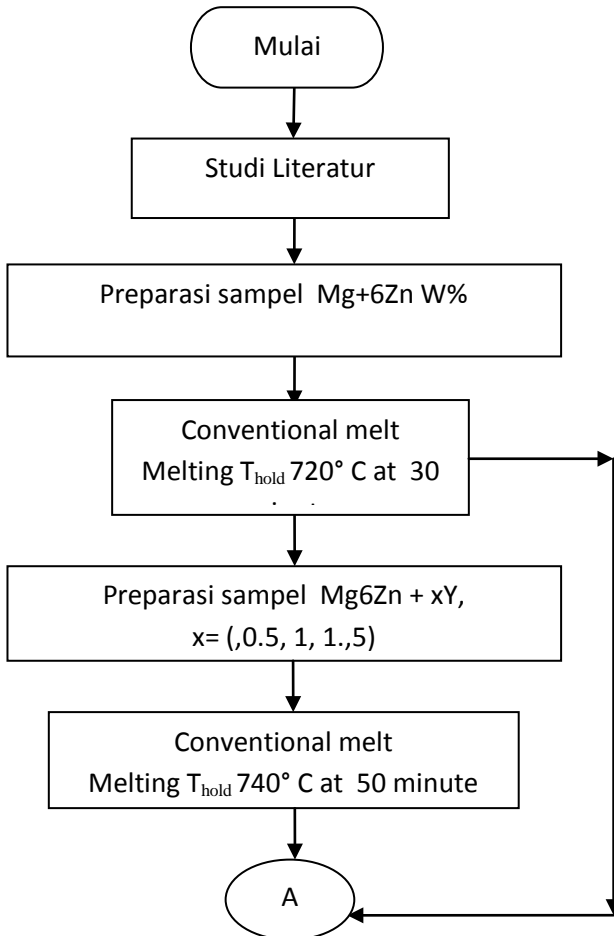


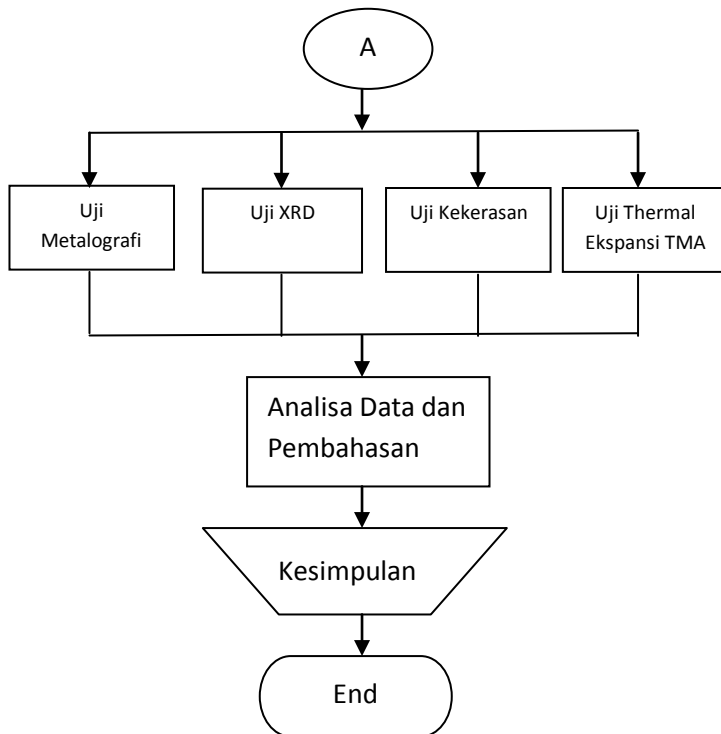
Gambar 2.6 Hasil XRD paduan Mg-Zn-Y

Gambar 2.6 menunjukkan pola XRD Mg-Zn-Y cast alloy. Hasil uji XRD menunjukkan pada paduan 3 terdapat fasa α -Mg, fasa W-Mg₃Zn₃Y₃, dan fasa X-Mg₁₂Zn₁Y₁. Tidak terdapat Mg₃Zn₃Y₃ pada paduan 1-4, hal ini menunjukkan bahwa w phase ada dengan peningkatan komposisi Y. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa dengan penambahan komposisi Yttrium akan meningkatkan temperatur eutektik, meningkatkan kekuatan dan menurunkan elongasi paduan Mg-Zn-Y (Bin Chen 2010).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Flow Cart Metodologi Penelitian

3.2 Rancangan Penelitian

Berdasarkan diagram alir diatas maka dapat dibuat rancangan penelitian sebagai berikut.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Conventional Melting			Pengujian			
Temperatur	Holding time	Penambahan Unsur Y	Struktur Mikro	XRD	Kekerasan	TMA
740°C	50 menit	0%wt	✓	✓	✓	
		0,5%wt	✓	✓	✓	
		1%wt	✓	✓	✓	✓
		1,5%wt	✓	✓	✓	✓
		3%	✓	✓	✓	

3.3 Bahan Penelitian dan Peralatan Penelitian

3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Magnesium ingot, serbuk zinc, dan serbuk Yttrium dengan variasi komposisi Yttrium 0.5%, 1%, 1.5% dan 3%..Perhitungan komposisi berat untuk Mg-6Zn berdasarkan perhitungan massa jenis terhadap volume sebagai berikut. Sedangkan pada penambahan komposisi Yttrium masing masing bahan persen berdasarkan % massa terhadap paduan Mg-6Zn.

1. Magnesium

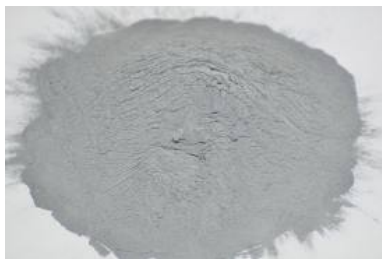
Dalam penelitian ini magnesium yang digunakan adalah magnesium yang berupa bongkahan dengan kadar magnesium 93%



Gambar 3.2 Magnesium

2. Zinc

Dalam penelitian ini Zinc yang digunakan adalah Zinc yang berbentuk serbuk dengan kadar 99%



Gambar 3.3 Serbuk Zinc

3. Yttrium

Dalam penelitian ini yttrium yang digunakan adalah yttrium yang berbentuk serbuk



Gambar 3.4 Serbuk Yttrium

Tabel 3.2 komposisi massa Yttrium

<i>Raw material</i>	Berat(gr)	Wt Y	
		%	Gr
Mg-6Zn	15.92	0.5	0.08
	15.84	1	0.16
	15.76	1.5	0.24
	15.52	3	0.48

3.3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tungku

Digunakan untuk melebur magnesium–zinc–yttrium, ditunjukkan pada **Gambar 3.5**



Gambar 3.5 Tungku hasil modifikasi

2. Krus

Digunakan sebagai wadah aluminum dan timah dalam proses peleburan, ditunjukkan pada **gambar 3.6**



Gambar 3.6 Krus

3. Timbangan
Digunakan untuk menimbang massa bahan, ditunjukkan pada **gambar 3.7**



Gambar 3.7 Timbangan Digital

4. Kikir
Digunakan untuk meratakan permukaan spesimen, ditunjukkan pada **gambar 3.8**



Gambar 3.8 Kikir

5. Kertas Amplas
Digunakan untuk grinding spesimen, ditunjukkan pada **gambar 3.9**



Gambar 3.9 Kertas Amplas

6. Gergaji Tangan
Digunakan untuk memotong bahan, ditunjukkan pada **gambar 3.10**



Gambar 3.7 Gergaji Tangan

7. Gergaji Mesin
Digunakan untuk memotong bahan, ditunjukkan pada **gambar 3.11**



Gambar 3.11 Gergaji Mesin

9. Mesin Uji Kekerasan
Digunakan untuk menguji kekerasan spesimen. Metode yang digunakan adalah uji kekerasan brinell.



Gambar 3.12 Alat uji kekerasan

10. Mikroskop Optik
Digunakan untuk melihat struktur spesimen dalam skala mikro. Ditunjukkan pada **Gambar 3.13**



Gambar 3.13 Mikroskop Optik

11. Mesin *Grinding & Polishing*
Digunakan untuk mengikis permukaan spesimen agar rata dan halus. Ditunjukkan pada **Gambar 3.14**



Gambar 3.14 Mesin *Grinding & Polishing*

12. Mesin Uji XRD
Digunakan untuk mengetahui fasa dan senyawa yang terbentuk dari sampel. Ditunjukkan pada **Gambar 3.15**



Gambar 3.15 Alat Uji XRD

13. Mesin Uji TMA

Digunakan untuk mengetahui ekspansi thermal
Ditunjukkan pada **Gambar 3.16**



(a)

(b)

Gambar 3.16 Alat uji TMA (a) mesin *warming up* (b)

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini adalah penambahan Yttrium (Y) dengan kadar 0, 0.5%, 1%, 1.5% dari Mg6Zn.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnesium (mg) yang kemudian ditambahkan unsur paduan

Zinc (Zn) kadar 6% , dan Yttrium Y dengan kadar (0, 0.5, 1, 1.5, 3) %

1. Ketiga bahan disiapkan .
2. Menimbang Magnesium, Zinc komposisi Mg 94% + Zn 6%, dan Megalirkan gas argon kedalam furnace untuk menekan keluar gas oksigen yang ada didalam furnace
3. Memasukkan cawan stainless steel yang sudah di isi dengan Mg + 6 Wt% Zn ke dalam furnace dan memanaskan hingga temperature 700° C dan memahan temperatur tersebut selama 30 menit.
4. Mengaduk paduan cair selama beberapa saat.
5. Mendinginkan paduan yang masih cair hingga temperature kamar.
6. Megeluarkan hasil coran dari padat dari dalam furnace
7. Mengeluarkan hasil coran dari cawan stainless steel
8. Menimbang magnesium, Zinc, dan Yttrium dengan varisasi kadar (0.5, 1, 1.5) %.

9. Mencairkan paduan Mg6Zn yang sudah terbentuk dengan setiap %Y (0.5, 1, 1.5, 3) sampai temperatur 740°C diholding selama 30 menit.

3.5.2 Proses Pengujian

3.5.2.1 Pengujian Metalografi

Metalografi adalah suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dan mikroskop elektron. Struktur atau gambar logam yang terlihat melalui pengamatan dengan mikroskop disebut mikrostruktur. Pada gambar ini terlihat daerah lingkup ukuran mikro struktur logam yang umumnya diamati dengan mikroskop. Penyelidikan mikro struktur tersebut berkisar antara 10^{-6} cm (batas kemampuan elektron mikroskop hingga 10^{-2} cm batas atas kemampuan mata manusia). Pada penelitian ini perbesaran yang digunakan yaitu 100-500 kali perbesaran.

Pengamatan Metalografi didasarkan pada perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang masuk kedalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang). Apabila terhadap permukaan logam yang telah dihaluskan (polish) kemudian di etsa dengan larutan kimia, maka permukaan logam tersebut akan dilarutkan. Struktur mikro yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Dengan demikian apabila seberkas sinar dikenakan pada permukaan logam yang telah ditest maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena. Adapaun larutan ets yang digunakan sesuai ASTM E-407 yaitu menggunakan 0.7 mL H_3PO_4 , 4 g picric acid 100 mL ethanol (95 %) atau methanol (95 %).

3.5.2.2 Pegujian kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan yakni pengujian kekerasan dengan metode Brinell. Pengujian kekerasan Brinell mempunyai cakupan yang luas sehingga dapat digunakan untuk material yang sangat lunak maupun material yang sangat keras.

Pengujian kekerasan brinell dilakukan sesuai dengan standar ASTM E10. Diameter indenter yang digunakan sebesar 2,5 mm. Dengan pembebanan sebesar 62,5 kgf. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan diameter indentasi yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 3.1.

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (3.1)$$

Dengan P adalah pembebanan dalam satuan kgf, π adalah tetapan yakni sebesar 3,14 atau $\frac{22}{7}$, D adalah diameter indenter dalam satuan mm, dan d adalah diameter indentasi dalam satuan mm.

3.5.2.3 Pengujian XRD

Analisa difraksi sinar X dilakukan dengan tujuan mengidentifikasi transformasi fasa yang terbentuk pada paduan Mg-6Zn-xY yang sudah terbentuk selama proses melting . Adapun kemungkinan fasa yang akan muncul adalah α -Mg, Mg₃Y₂Zn₃, Mg₃YZn₆ dan Mg₁₂YZn. Karakterisasi difraksi Sinar-X (XRD). Prinsip kerja pada pengujian XRD adalah ketika suatu material dikenai sinar X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi.

3.5.2.4 Pengujian Thermal (TMA)

Thermomechanical Analysis (TMA) adalah pengukuran perubahan dari deformasi dan dimensi pada sebuah sampel sebagai fungsi dari temperatur. Sehingga TMA sering digunakan untuk menentukan karakteristik deformasi dari suatu bahan. Didalam TMA pengujian dilakukan dengan cara menaikkan temperatur bersamaan dengan dilakukannya kontak mekanik dengan beban tertentu pada sampel, kemudian perubahan dimensi diukur dengan dilatometri. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar koefisien ekspansi dari paduan hasil melting yang nantinya akan dijadikan sebagai pembanding terhadap spesifikasi engine block.

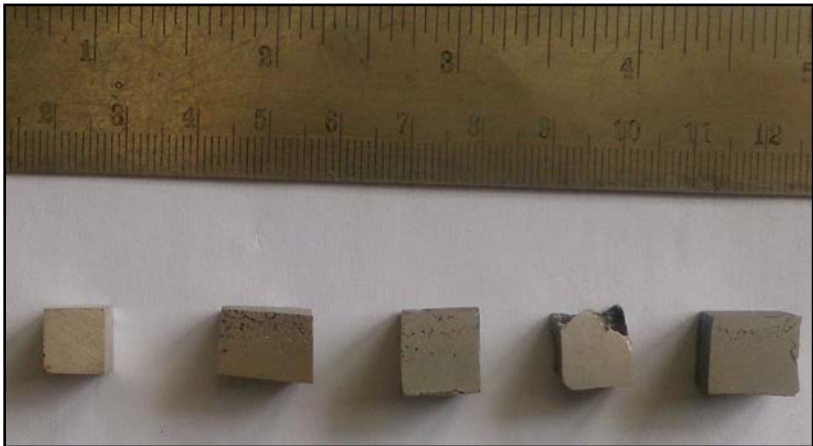
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 variasi preparasi spesimen

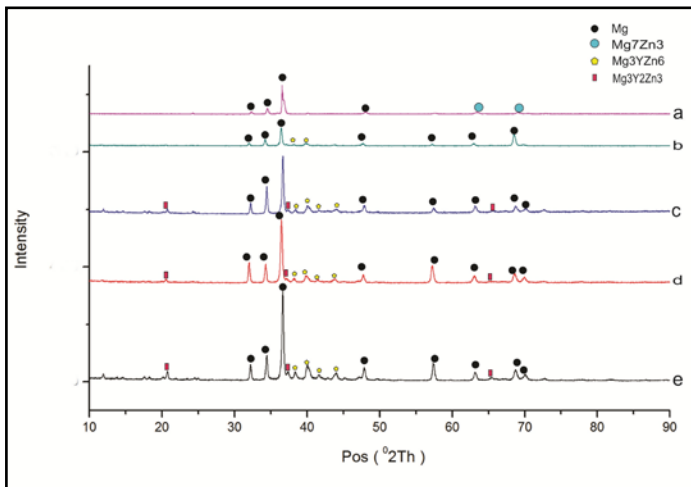
Hasil produk melting berbentuk sesuai isi kruss, **gambar 4.1** menunjukkan bagian penampang yang sudah dipotong dari setiap penambahan komposisi dari Yttrium. **Gambar 4.1** menunjukkan tidak terjadi segregasi pada setiap paduan sehingga ini membuktikan Magnesium, Zinc, dan Yttrium telah bercampur.



Gambar 4.1 hasil melting Paduan Mg-6Zn (a) 0 wt% Y (b) 0.5 wt% Y (c) 1 wt% Y (d) 1.5 wt% Y (e) 3 wt% Y

4.1.1 Hasil Pengujian Difraksi Sinar – X (XRD)

Pengujian XRD dilakukan dengan mengambil sampel hasil *Melting* yang berupa padatan dari setiap penambahan komposisi yttrium kemudian diletakkan disebuah *Holder* untuk selanjutnya diuji dengan menggunakan alat *PAN Analytical*. Pertama yang dilakukan adalah identifikasi hasil sintesa Mg-6Zn terhadap hasil pengujian difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui keberhasilan dalam sintesa Mg7Zn3 dan memastikan terbentuknya paduan Mg7Zn3. Pengujian dilakukan dengan sinar X menggunakan *Range* sudut $10^{\circ} - 90^{\circ}$ dan menggunakan panjang gelombang CuK α sebesar 1.54056 Å.



Gambar 4.2 hasil Uji XRD Pada paduan Hasil melting (a, Mg-6Zn , b, Mg-6Zn+0.5Y) , c, Mg-6Zn+1Y) , (d, Mg-6Zn+1.5Y) , (e, Mg-6Zn+3Y)

Identifikasi fasa hasil pengujian XRD pada penelitian ini melalui search match dengan *high score plus* serta dengan pencocokan manual dengan kartu PDF dari *Software PCPDFWIN*

untuk puncak – puncak yang teridentifikasi saat *Search Match* dengan sebelumnya mengidentifikasi unsur - unsur atau senyawa yang dapat muncul setelah proses *Melting*.

Hasil XRD *As-received* Mg-6Zn (**gambar 4.2**) menunjukkan bahwa terdapat fasa α -Mg dan fasa Mg₇Zn₃. Fasa α -Mg bersesuaian dengan (JCPDF# 00-035-0821) posisi puncak tertinggi berada pada 2 theta 36.85 sedangkan fasa Mg₇Zn₃ bersesuaian dengan (JCPDF#-001-1185) dengan puncak tertinggi berada pada 2 theta 69. Berdasarkan diagram fasa Mg-Zn bahwa pada paduan Mg-Zn dengan komposisi Zn dibawah 53.6% Mg hanya terdapat satu unsur yaitu Mg, dan satu senyawa yaitu Mg₇-Zn₃.

Kemudian paduan Mg-6Zn ditambahkan paduan Yttrium dengan komposisi 0.5%, 1%, 1.5%, dan 3% yang menghasilkan peak hasil XRD pada **gambar 4.2**. Jika grafik XRD dibandingkan antara Mg-6Zn *As-received* dengan Mg-6Zn dengan penambahan Yttrium terjadi perubahan tinggi puncak dan pergeseran posisi 2-theta akibat variasi penambahan persen massa Yttrium.

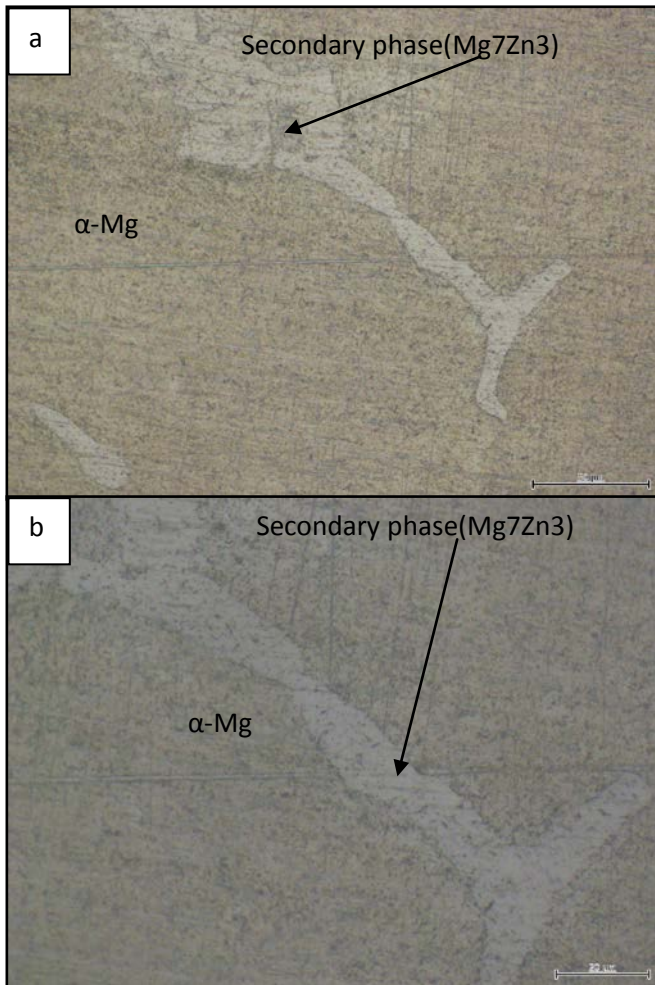
Berdasarkan hasil uji XRD diatas tampak bahwa terjadi perubahan tinggi peak akibat adanya penambahan komposisi Yttrium. Secara umum kelima sampel masih terlihat memiliki pola difraksi yang sama atau belum terjadi perubahan yang signifikan. Namun jika diamati lebih lanjut dengan single peak analisis terdapat kecenderungan terbentuk fasa baru dengan penambahan komposisi yttrium. Hal ini terbukti dari adanya perbedaan tinggi puncak dan timbulnya peak baru pada setiap variasi penambahan komposisi yttrium. Sehingga dapat dikatakan bahwa fenomena ini mengindikasikan terbentuknya fasa baru. Dengan penambahan 0.5 % Yttrium muncul satu Fasa baru yaitu fasa Mg₃-Y-Zn₆ bersesuaian dengan (JCPDF#- 00 - 036-1274) dengan puncak tertinggi berada pada 2 theta 40.0192. sedangkan pada penambahan 1, 1.5, dan 3 % Yttrium terdapat dua fasa baru yaitu Mg₃-Y-Zn₆ bersesuaian dengan (JCPDF#- 00-036-1274) dengan puncak tertinggi pada setiap penambahan

Yttrium berturut turut berada pada 2θ 40.0101°, 39.7949°, 39.9950° dan Mg₃-Zn₂-Y₃ bersesuaian dengan (JCPDF#- 00 - 036-1275), dengan puncak tertinggi pada setiap penambahan Yttrium berturut turut berada pada 2θ 37.3758°, 37.2009°, dan 37.2009°.

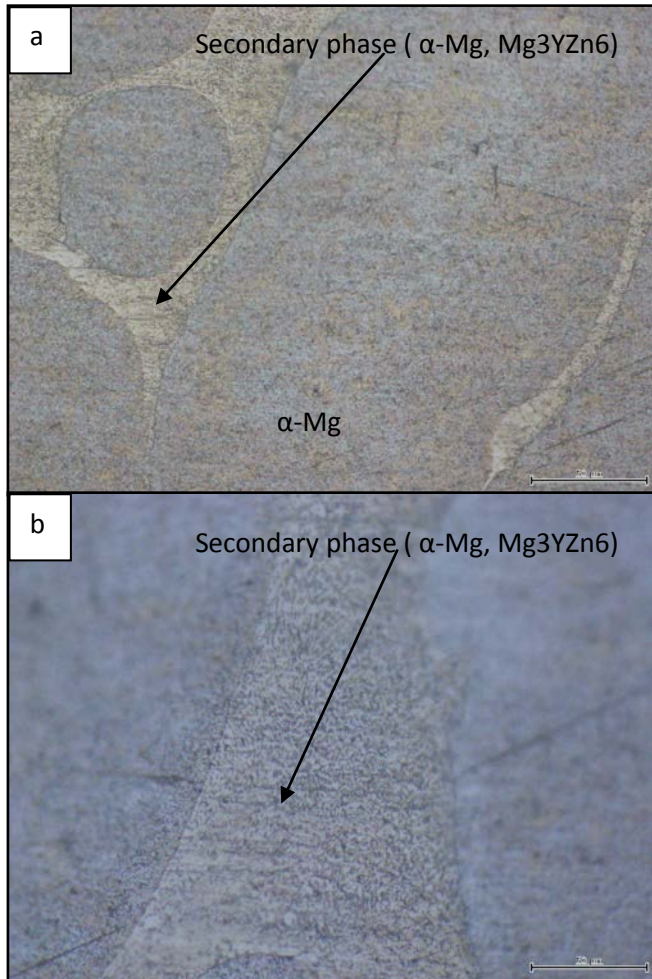
Berdasarkan **gambar 4.3** tampak adanya perubahan intensitas pada setiap penambahan komposisi Yttrium. Pada puncak Mg, sampel tanpa penambahan Yttrium memiliki intensitas 912.83 kemudian naik untuk sampel 0.5 % Y sebesar 1567.10 kemudian naik lagi pada penambahan 1 % Y yaitu sebesar 1922.03, mengalami sedikit penurunan pada penambahan 1919.86 dan pada penambahan 3% Yttrium mengalami kenaikan yang sangat signifikan yaitu pada intensitas 3099.22. Seiring dengan bertambahnya komposisi yttrium maka intensitas senyawa Mg₃ Y₂ Zn₃ juga akan semakin meningkat (*BAI Yun 2010*). **Gambar 4.3** menunjukkan senyawa XRD hasil melting paduan. Pada penambahan 1%-3% Yttrium terdapat fasa α -Mg, Mg Y₃ Zn₆, Mg₃ Y₂ Zn₃, akan tetapi pada penambahan 0.5% terdapat tidak senyawa Mg₃ Y₂ Zn₃. Fase Mg₇ Zn₃ akan bertransformasi menjadi fasa Mg₁₂ Y₃ Zn₆ dan Mg₃ Y₂ Zn₃ ketika ada Penambahan komposisi Yttrium.

4.1.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

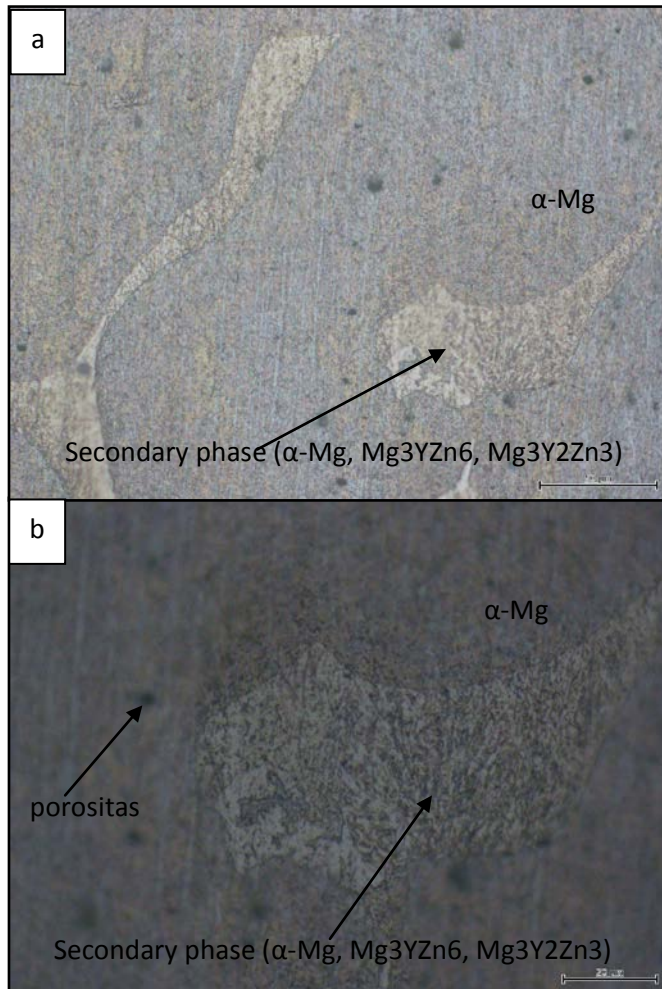
Pengujian Metalografi dilakukan sesuai standar ASTM E407. Larutan etsa yang digunakan adalah campuran picric acid dengan alcohol 95%. Gambar 4.4 - 4.8 menunjukkan struktur mikro paduan magnesium hasil melting. *Secondary phase* terdistribusi disepanjang batas butir. Struktur lamellar dapat diamati didalam *secondary phase*. Penambahan komposisi Yttrium mengubah *secondary phase* dari jaringan distribusi terputus putus menjadi jaringan distribusi kontinu. Lebar dari *secondary phase* juga meningkat dengan cepat seiring dengan bertambahnya komposisi Yttrium (Bin Chen dkk 2010).



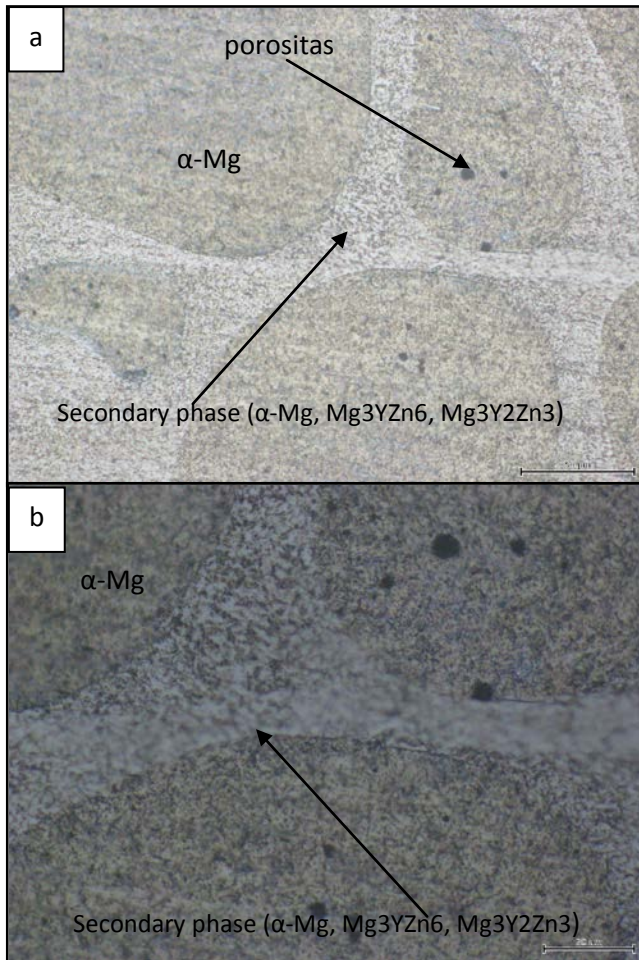
Gambar 4.3 Hasil struktur mikro Mg-6Zn (a) Perbesaran 200 kali
(b) Perbesaran 500 kali



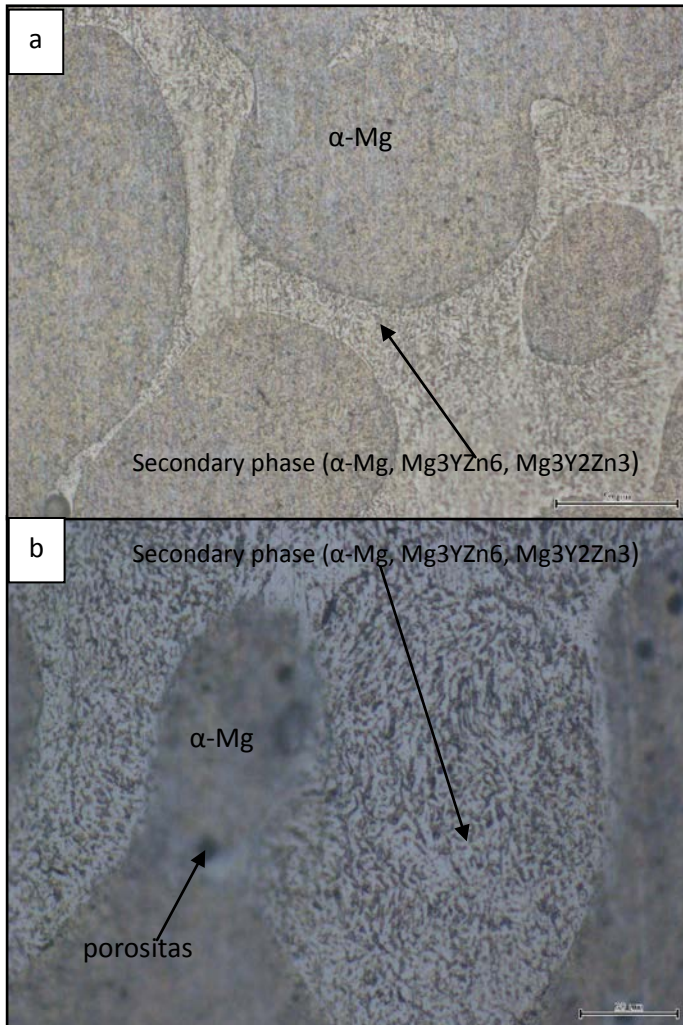
Gambar 4.4 Hasil struktur mikro Mg-6Zn+0.5Y (a) Perbesaran 200 kali (b) Perbesaran 500 kali



Gambar 4.5 Hasil struktur mikro Mg-6Zn- 1% Y (a) Perbesaran 200 kali (b) Perbesaran 500 kali



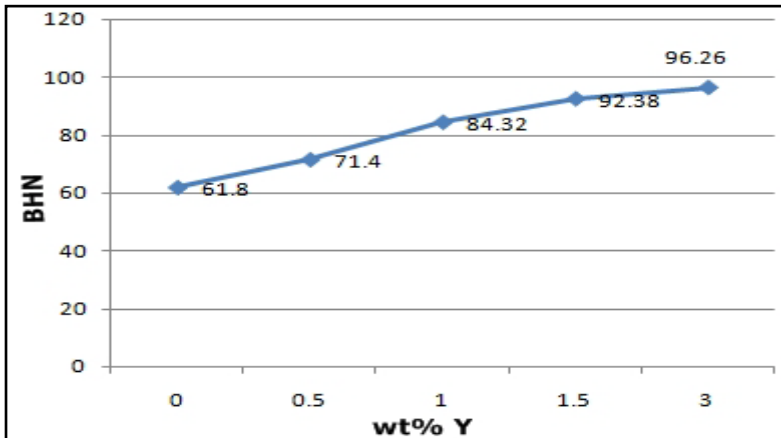
Gambar 4.6 Hasil struktur mikro Mg-6Zn-1.5% Y (a) (a) Perbesaran 200 kali (b) Perbesaran 500 kali



Gambar 4.7 Hasil struktur mikro Mg-6Zn-3%Y (a) Perbesaran 200 kali (b) Perbesaran 500 kali

4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan material dilakukan dengan menggunakan metode uji kekerasan brinell. Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan spesimen hasil melting. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada **gambar 4.9**



Gambar 4.8 Grafik distribusi kekerasan

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa penambahan komposisi Yttrium memberikan variasi kekerasan yang berbeda. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata -rata pada setiap penambahan komposisi Yttrium. Spesimen uji tanpa penambahan Yttrium memiliki kekerasan 61.48 BHN, penambahan 0.5%Y memiliki kekerasan 71.04 BHN, penambahan 1% Y memiliki kekerasan 84.32 BHN, penambahan 1.5%Y memiliki kekerasan 92.8 BHN, dan penambahan 3%Y memiliki kekerasan 96.414 BHN.

Berdasarkan grafik **4.8** dapat dilihat bahwa dengan penambahan komposisi Yttrium akan meningkatkan kekerasan paduan. Kekerasan paling tinggi baerada pada penambahan 3% komposisi yttrium yaitu sebesar 96.414 BHN sedangkan

kekerasan paling rendah yaitu pada paduan tanpa Penambahan Yttrium yaitu sebesar 61.8.

Tabel 4.1 Tabel pengaruh penambahan komposisi Yttrium terhadap nilai kekerasan paduan Mg-6Zn

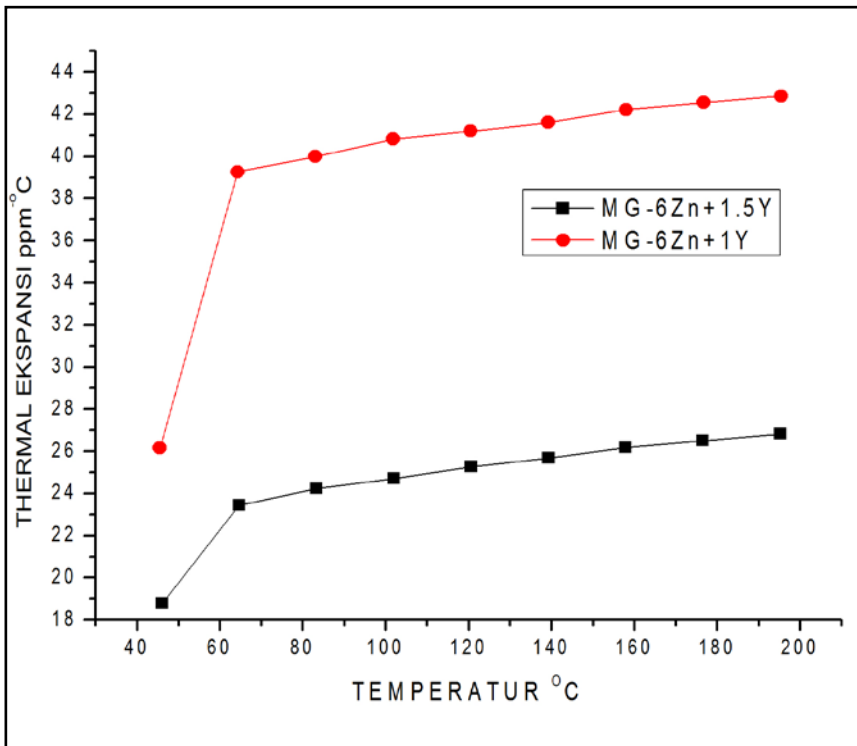
no	spesimen	titik	hardness number	rata rata
1	Mg-6Zn	1	60.5	61.48
		2	60.2	
		3	60.7	
		4	62.1	
		5	63.9	
2	Mg-6Zn+0.5Y	1	70.5	71.04
		2	71.8	
		3	70.5	
		4	71.2	
		5	71.2	
3	Mg-6Zn+1Y	1	84.3	84.32
		2	83.1	
		3	85.6	
		4	84.3	
		5	84.3	
4	Mg-6Zn+1.5Y	1	90	92.8
		2	93.2	
		3	93.2	
		4	94.4	
		5	93.2	
5	Mg-6Zn+3Y	1	95.6	96.26
		2	97.2	
		3	96.2	
		4	95.7	
		5	96.6	

Peningkatan kekerasan ini dipercaya karena adanya senyawa-senyawa baru yang terbentuk pada penambahan komposisi Yttrium. Pada penambahan 1% -3% Yttrium terdapat senyawa Mg_3YZn_6 dan $Mg_3Y_2Zn_3$ sedangkan pada penambahan 0.5 % Yittrium hanya terdapat senyawa Mg_3YZn_6 . Peningkatan kekerasan ini juga dianggap karena adanya penghalusan butir (*grain refinement*) dapat dilihat pada **Gambar 4.4 – 4.8** dimana dengan penambahan komposisi Yttrium maka *grain size* α -Mg semakin mengecil.

4.1.4 Hasil Pengujian TMA (Thermomechanical Analisis)

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan kemampuan paduan Mg-6Zn dengan penambahan komposisi Yttrium terhadap stress thermal yang bekerja dan juga sebagai pembanding terhadap spesifikasi engine blok. Data yang didapat dari pengujian thermomechanical analisis ini adalah grafik thermal ekspansi terhadap kenaikan temperatur.

Grafik pada **gambar 4.10** menunjukkan tentang perubahan nilai thermal ekspansi awal benda uji seiring dengan naiknya temperatur. Secara umum dapat dilihat bahwa pada temperatur diatas temperatur kamar, kedua material mengalami perubahan thermal ekspansi, namun perubahan thermal ekspansi untuk setiap penambahan komposisi Yttrium berbeda beda. Adanya kenaikan nilai koefisien ekspansi menunjukkan adanya pertambahan dimensi.



Gambar 4.9 Grafik koefisien thermal ekspansi

Berdasarkan **Gambar 4.9** bahwa penambahan komposisi Yttrium akan mengurangi nilai thermal ekspansi paduan Mg-Zn-Y. Pada penambahan komposisi Yttrium sebesar 1% Y mempunyai thermal ekspansi sebesar 42.87 pada temperature 200° C. Sedangkan dengan penambahan 1.5% Y mempunyai thermal ekspansi sebesar 26.84, hal ini menunjukkan bahwa penambahan komposisi 1.5% Y lebih tahan terhadap thermal stress. Adanya kenaikan nilai koefisien nilai ekspansi thermal menunjukkan adanya pertambahan dimensi. Semakin besar nilai

koefisien ekspansi thermal maka nilai regangan (*starin*) juga semakin besar. Regangan yang dimaksud disini adalah perubahan panjang yang terjadi akibat berubahnya temperatur sekitar.

4.2 Pembahasan

Pengujian XRD ditunjukkan pada **gambar 4.2** Menunjukkan bahwa pada paduan Mg-6Zn fase sekunder didominasi oleh fasa Mg₇-Zn₃ (Fu-gang QI 2013), pada penambahan 0.5% Y fasa sekunder didominasi oleh fasa Mg₃-Y-Zn₆. Sedangkan pada penambahan 1%Y-3%Y fasa sekunder sudah didominasi oleh fasa Mg₃-Y-Zn₆ dan Mg₃-Y₂-Zn₃. Fase Mg₃-Y₂-Zn₃ akan semakin bertambah dengan bertambahnya komposisi Yttrium (D.K. Xu 2007).

Struktur mikro hasil melting paduan magnesium dapat dilihat pada **gambar 4.3 – 4.7**. Berdasarkan gambar hasil struktur mikro menunjukkan bahwa *secondary phase* terdistribusi disepanjang batas butir. Struktur lamellar dapat diamati disekitar secondary phase. Dengan penambahan komposisi yttrium secondary phase berubah dari *discontinuous distribution ke continous network distribution* , lebar dari secondary phase juga bertambah secara signifikan. (Chen Lu 2010). Bisa dilihat pada **gambar 4.3-4.7**, daerah secondary phase masih sangat sempit yang didominasi oleh fasa Mg₇Zn₃. Dengan penambahan Yttrium maka secondary phase yang dulunya didominasi oleh fasa Mg₇Zn₃ akan didominasi oleh fasa α -Mg, Mg₃-Y-Zn₆, dan fasa Mg₃-Y₂-Zn₃. Terdapat struktur lamellar pada penambahan Penambahan 1%, 1.5%, dan 3% Yttrium yang tersusun oleh fasa α -Mg dan fasa Mg₃Y₂Zn₃. komposisi Yttrium juga mempengaruhi ukuran butir dari α -Mg, semakin tinggi kadar kadar Y ukuran butir α -Mg akan semakin mengecil.

Pengujian kekerasan hasil melting ditunjukkan pada tabel 4.1. paduan dengan penambahan komposisi 3% Yttrium memiliki kekerasan yang paling tinggi. Peningkatan kekerasan ini

dipercaya karena adanya senyawa-senyawa baru yang terbentuk pada penambahan komposisi Yttrium. Pada penambahan 1% -3% Yttrium terdapat fasa Mg_3YZn_6 dan $Mg_3Y_2Zn_3$ sedangkan pada penambahan 0.5 % Yitrium hanya terdapat fasa Mg_3YZn_6 . Peningkatan kekerasan ini juga dianggap karena perubahan pada secondary phase, dimana secondary phase ini tersusun dari fasa Mg_3YZn_6 dan $Mg_3Y_2Zn_3$ yang tersusun lamelar. Dengan penambahan Yttrium fasa lamelar ini akan tersebar lebih merata pada secondary phase.

Berdasarkan grafik **gambar 4.9.** diperoleh rata rata koefisien thermal ekspansi paduan $Mg-6Zn+1\%Y$ sebesar 35.92 pada rentang temperatur ($26.81^{\circ}C-195.47^{\circ}C$), paduan $Mg-6Zn+1\%Y$ $Mg-6Zn+1.5\%Y$ sebesar 22.45 pada rentang temperatur ($27.38^{\circ}C-195.26^{\circ}C$). Adanya kenaikan nilai koefisien thermal ekspansi menunjukkan pertambahan dimensi. Bisa dilihat bahwa nilai elongasi (pertambahan panjang) penambahan 1.5%Y lebih kecil dibandingkan dengan dengan penambahan 1% Y, hal ini disebabkan karena fasa $Mg_3Zn_2Y_3$ lebih tinggi pada pada penambahan 1.5%Y dimana fasa $Mg_3Zn_2Y_3$ mempunyai sifat yang yang keras. Hasil TMA ini akan dicocokkan dengan paduan aluminium yang sudah digunakan sebagai aplikasi engine block dengan nilai thermal ekspansi sebesar 21.4 pada range temperatur $20-200^{\circ}C$.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari studi ini adalah:

1. Penambahan komposisi yttrium akan memperluas secondary phase Mg-6Zn
2. Penambahan komposisi Yttrium akan menaikkan kekerasan paduan Mg-6Zn dimana nilai kekerasan tertinggi terdapat pada penambahan 3% yttrium yaitu sebesar 96.26 BHN.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan:

1. Seharusnya pada saat proses melting dilakukan pengadukan .

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

ASM Metal Handbook vol. 3. “Alloy Phase Diagrams”. ASM International The Materials Information Society

D.K. Xu Effect of W-phase on the mechanical properties of as-cast Mg–Zn–Y–Zr alloys , 2007.

E.F. Emley, Principles of Magnesium Technology, Pergamon Press, London, 1966.

R.W. Heine, The Fe-C-Si Solidification Diagram for Cast Irons Foseco, Inc., 1983

L. Wei, G. Dunlop, H. Westengen, Precipitation Hardening of Mg-Zn and Mg-Zn-RE alloys, Metallurgical and Materials Transactions A 26 (1995)

Chen Lu, Effects of yttrium and zinc addition on the microstructure and mechanical properties of Mg–Y–Zn alloys, 2010.

Enrique Meza García, Influence of alloying elements on the microstructure and mechanical properties of extruded Mg-Zn based alloys, Berlin, 2010.

Nigel Ross, Microstructural Development and Mechanical Properties in Wrought Mg-Zn-RE Alloys, 2012.

Pouya Sharifi, Structure-Property Relationships of Magnesium Alloys, 2012

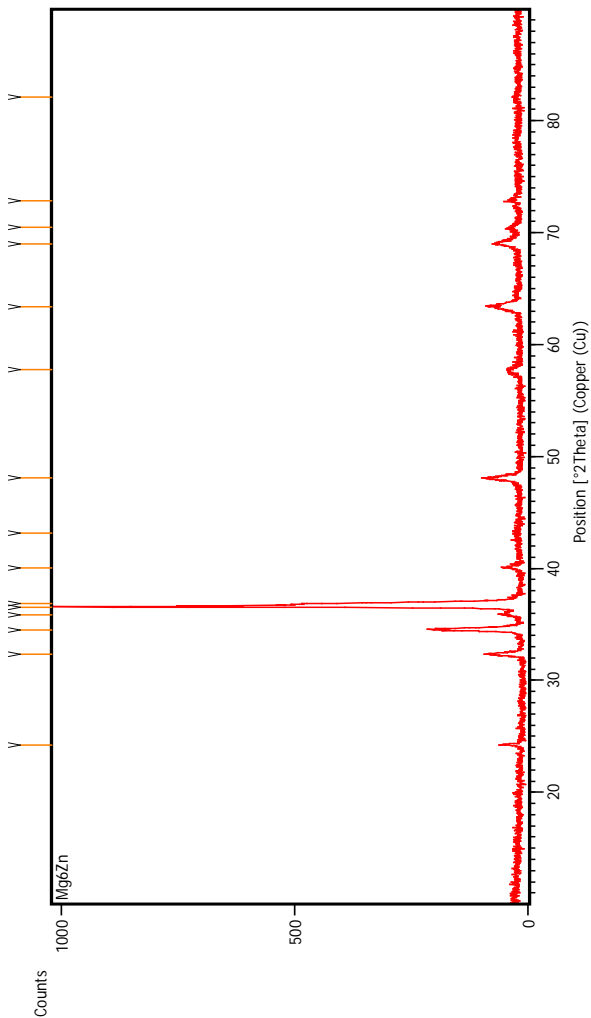
Seyed Amir Farzadfar, Effect of Yttrium on the Microstructure and Texture of Deformed Magnesium, 2012.

Ke LIU, Microstructure and mechanical properties of extruded Mg–6Zn–xEr alloys, 2013.

LAMPIRAN
XRD

1. Mg-6Zn

Main Graphics

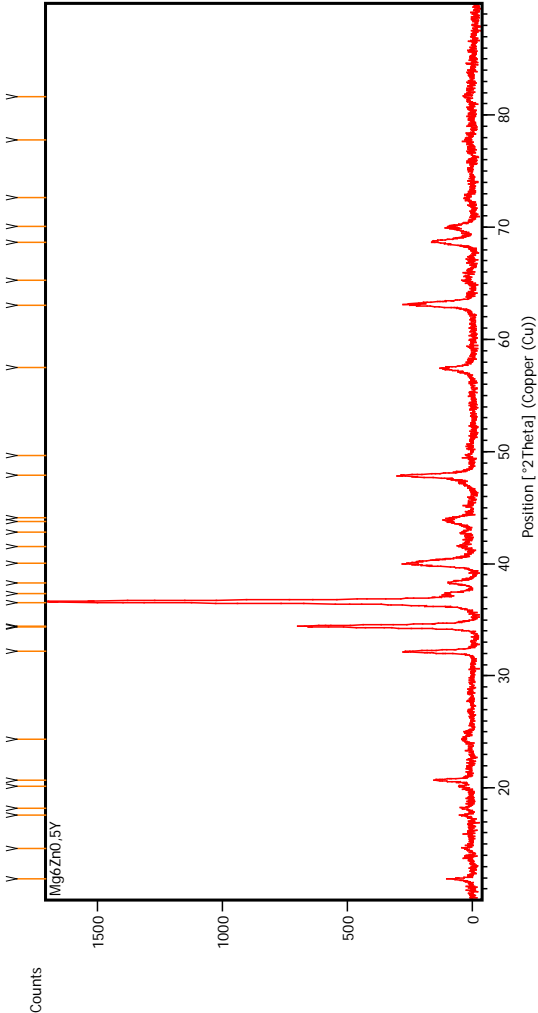


Peak list

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
24.2101	38.21	0.0836	3.67629	4.19
32.3616	76.96	0.3011	2.76649	8.43
34.4979	178.09	0.3011	2.59992	19.51
35.8666	33.71	0.2676	2.50378	3.69
36.5501	912.83	0.0669	2.45851	100
36.8518	446.47	0.1673	2.43907	48.91
40.0703	38.3	0.1673	2.25028	4.2
43.1677	6.57	0.8029	2.09572	0.72
48.0718	72.05	0.1673	1.89276	7.89
57.7594	23.92	0.4684	1.59624	2.62
63.3953	54.95	0.4684	1.46723	6.02
69.0059	47.03	0.3346	1.361	5.15
70.4508	18.38	0.2342	1.33659	2.01
72.8265	19.65	0.2676	1.29874	2.15
82.1035	6.65	0.8029	1.17388	0.73

2. Mg-6Zn+0.5Y

Main Graphics

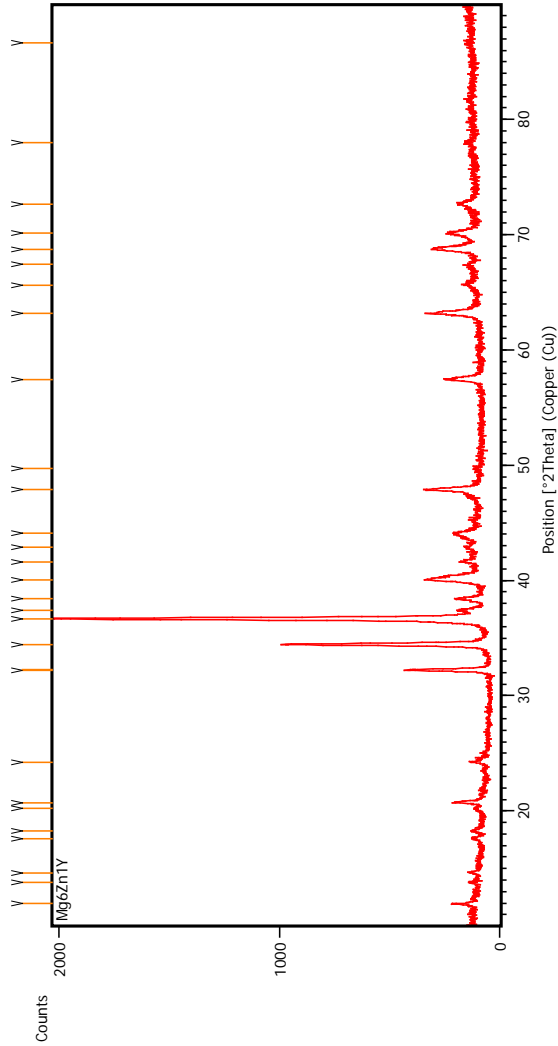


Peak list

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d- spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.9054	86.89	0.1673	7.43378	5.54
14.5773	24.79	0.2007	6.07666	1.58
17.5819	39.79	0.1338	5.04443	2.54
18.2106	40.72	0.1338	4.87165	2.6
20.1239	43.26	0.2007	4.4126	2.76
20.6949	157.05	0.1004	4.29212	10.02
24.3186	32.56	0.4015	3.66014	2.08
32.1714	270.9	0.2676	2.78242	17.29
34.3678	668.45	0.0816	2.6073	42.65
34.4411	713.15	0.0669	2.60407	45.51
36.5501	1567.1	0.1673	2.45851	100
37.337	121.57	0.2007	2.40849	7.76
38.298	112.81	0.1673	2.35023	7.2
40.0192	282.89	0.1338	2.25303	18.05
41.552	60.28	0.2676	2.1734	3.85
42.797	53.15	0.2007	2.11301	3.39
43.7811	98.29	0.2676	2.06777	6.27
44.1213	82.41	0.2676	2.05261	5.26
47.8787	284.9	0.2676	1.89994	18.18
49.6489	15.75	0.4015	1.83627	1
57.4685	112.77	0.3011	1.60362	7.2
63.0581	223.44	0.3346	1.47426	14.26
65.2528	29.76	0.4015	1.42989	1.9
68.6841	165.72	0.2676	1.36659	10.57
70.0611	87.12	0.5353	1.34306	5.56
72.6581	24.75	0.5353	1.30133	1.58
77.7536	21.38	0.5353	1.2283	1.36
81.6553	29.62	0.1673	1.17919	1.89

3. Mg-6Zn+1Y

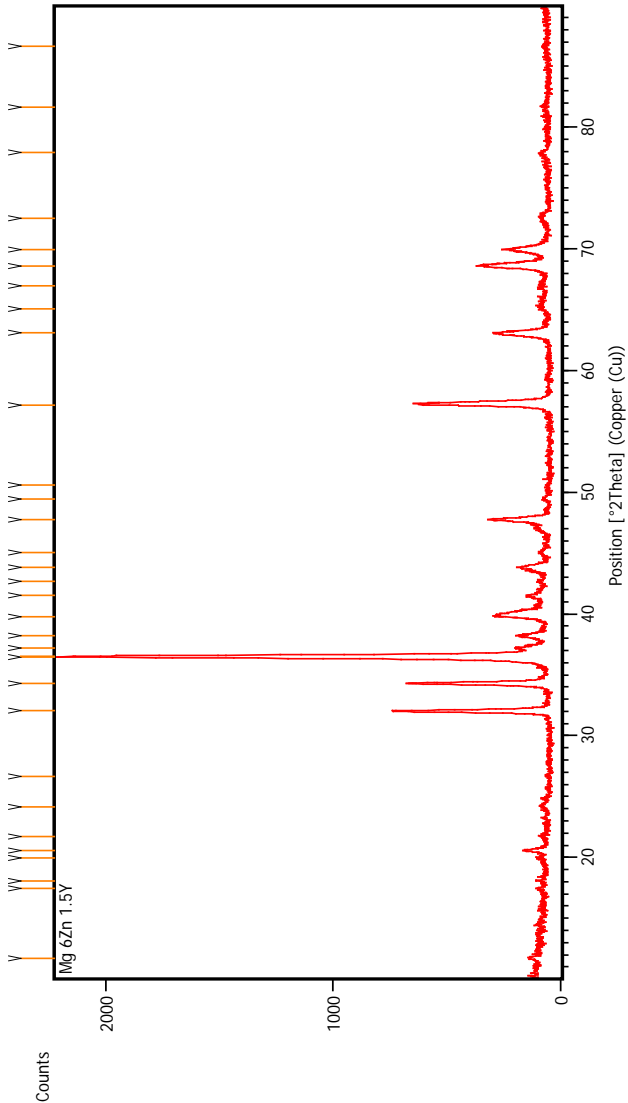
Main Graphics



Peak list

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d- spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.9498	103.3	0.1004	7.40627	5.37
13.7766	29.55	0.2007	6.42803	1.54
14.6259	37.6	0.1673	6.05661	1.96
17.6162	41.06	0.2007	5.03468	2.14
18.2829	42.05	0.2342	4.85257	2.19
20.1939	36.34	0.2676	4.39746	1.89
20.7289	129.46	0.2007	4.28515	6.74
24.2445	76.42	0.1004	3.67115	3.98
32.2016	365.39	0.102	2.77757	19.01
32.2915	333.28	0.0612	2.77693	17.34
34.4406	906.22	0.2244	2.60195	47.15
36.6594	1922.03	0.2448	2.4494	100
37.3758	119.58	0.2448	2.40408	6.22
38.4383	116.41	0.2448	2.34004	6.06
40.0101	231.86	0.2856	2.25166	12.06
41.6146	83.23	0.1632	2.16847	4.33
42.9087	59.77	0.2856	2.10602	3.11
44.0688	104.41	0.408	2.05324	5.43
47.8656	233.32	0.1224	1.89885	12.14
49.6976	13.5	0.4896	1.83306	0.7
57.4408	154.76	0.2856	1.603	8.05
63.1515	217.04	0.204	1.47109	11.29
65.6273	60.63	0.2448	1.42146	3.15
67.4336	44.6	0.3264	1.38771	2.32
68.716	196.83	0.3672	1.3649	10.24
70.1498	122.3	0.408	1.34047	6.36
72.6704	71.92	0.4896	1.30006	3.74
77.955	24.83	0.4896	1.22461	1.29
86.6217	11.78	0.9792	1.12296	0.61

4. Mg-6Zn+1.5Y
Main Graphics



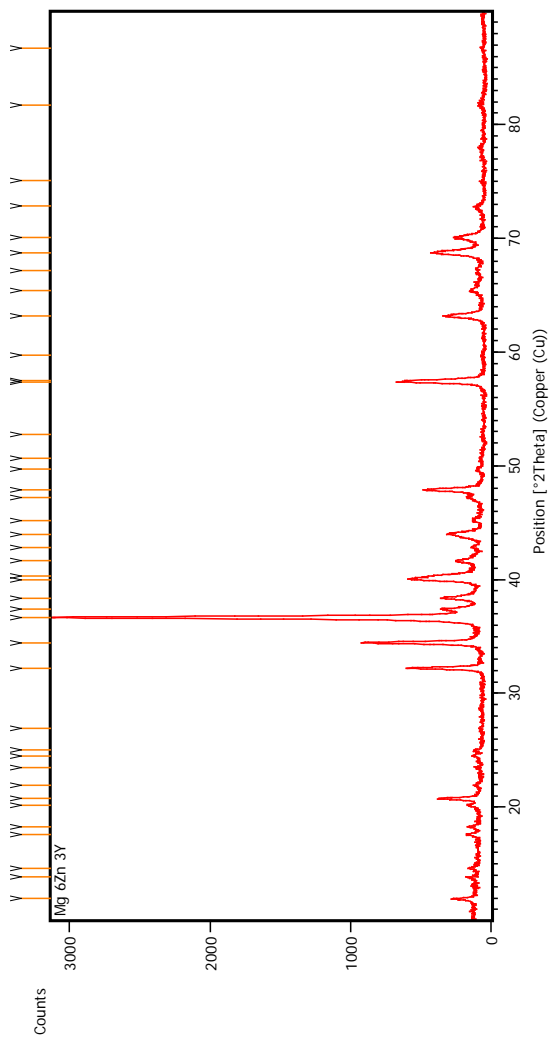
Peak list

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d- spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.7244	38.25	0.2007	7.54814	1.74
17.4574	35.57	0.1004	5.0801	1.62
18.0858	34.75	0.1004	4.905	1.59
19.9782	29.75	0.2007	4.44444	1.36
20.5467	105.63	0.2007	4.32275	4.82
21.7274	17.49	0.4015	4.09043	0.8
24.1777	24.37	0.2676	3.68115	1.11
26.6432	8.45	0.4015	3.34584	0.39
32.0513	688.19	0.2007	2.79257	31.39
34.2894	614.87	0.1673	2.61525	28.05
36.4628	2192.21	0.1836	2.46216	100
36.548	1919.86	0.102	2.46271	87.58
37.2009	144.68	0.204	2.41498	6.6
38.2038	125.96	0.408	2.35386	5.75
39.7949	228.92	0.2448	2.26334	10.44
41.5442	99.18	0.3672	2.17199	4.52
42.6723	43.62	0.3264	2.11714	1.99
43.7995	134.27	0.1632	2.06524	6.12

45.0396	40.92	0.408	2.01121	1.87
47.756	278.85	0.1836	1.90296	12.72
49.4577	29.5	0.3264	1.84139	1.35
50.5634	11.71	0.6528	1.80369	0.53
57.1873	557.49	0.0816	1.6095	25.43
63.0819	221.24	0.408	1.47254	10.09
65.0371	28.57	0.7344	1.43292	1.3
66.9842	29.04	0.816	1.39592	1.32
68.6093	304.67	0.408	1.36676	13.9
69.9239	169.75	0.204	1.34425	7.74
72.5267	33.98	0.4896	1.30229	1.55
77.9191	25.84	0.3264	1.22509	1.18
81.6491	15.42	0.9792	1.17829	0.7
86.6169	10.65	0.9792	1.12301	0.49

5. Mg-6Zn+3Y

Main Graphics



Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d- spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.945	152.16	0.1171	7.4092	4.91
13.8356	75.91	0.0502	6.40073	2.45
14.6001	63.61	0.1004	6.06726	2.05
17.6168	90	0.2007	5.03452	2.9
18.2564	88.7	0.1338	4.85955	2.86
20.1665	82.52	0.1673	4.40336	2.66
20.7952	249.11	0.1338	4.27164	8.04
21.9057	31.89	0.2007	4.05753	1.03
23.4702	23.99	0.2007	3.7905	0.77
24.5097	59.1	0.2007	3.63204	1.91
25.0347	47.09	0.1338	3.55704	1.52
26.9344	18.68	0.2676	3.31032	0.6
32.2147	543.66	0.1338	2.77877	17.54
34.4553	866.2	0.1673	2.60303	27.95
36.6763	3099.22	0.184	2.45034	100
37.41	276.67	0.2007	2.40395	8.93
38.3376	289.89	0.2342	2.34789	9.35
39.995	507.52	0.184	2.25434	16.38
40.3444	352.32	0.2007	2.23562	11.37
41.6565	197.03	0.2007	2.16819	6.36
42.8499	81.88	0.2007	2.11053	2.64
43.9781	247.61	0.368	2.05897	7.99
45.1772	71.03	0.2676	2.00707	2.29
47.2028	107.85	0.2007	1.92555	3.48
47.8573	419.04	0.1171	1.90074	13.52
49.7112	48.63	0.4015	1.83411	1.57
50.6593	27.68	0.4015	1.80199	0.89
52.7866	10.74	0.8029	1.73427	0.35
57.3425	550.15	0.102	1.60551	17.75

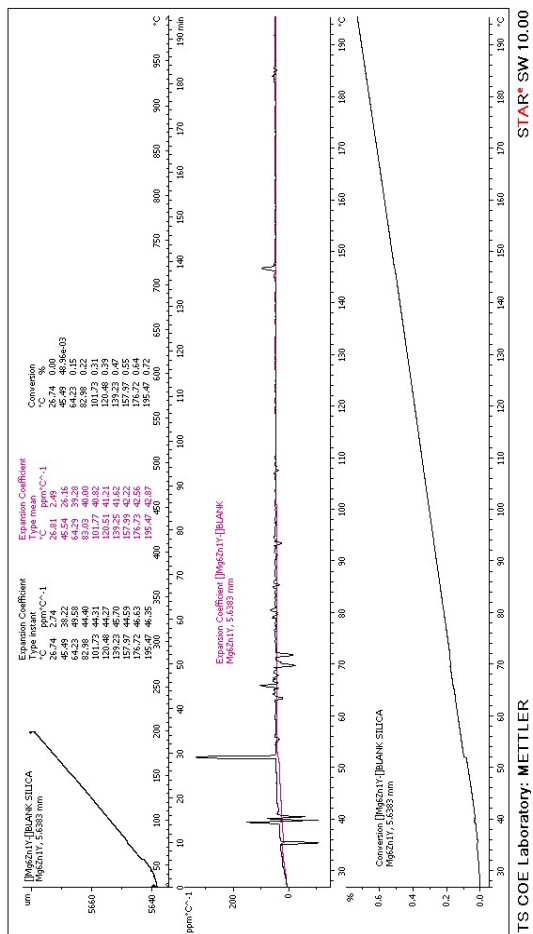
57.5222	510.61	0.1004	1.60225	16.48
59.7481	13.15	0.6691	1.54777	0.42
63.1435	264.25	0.2342	1.47247	8.53
65.4162	90.95	0.3346	1.42671	2.93
67.1561	43.68	0.6691	1.39392	1.41
68.744	369.84	0.3011	1.36554	11.93
70.0667	210.61	0.2007	1.34297	6.8
72.8533	52.96	0.4015	1.29833	1.71
75.0932	12.16	0.4015	1.26506	0.39
81.6922	26.48	0.6691	1.17875	0.85
86.6928	16.32	0.5353	1.12315	0.53

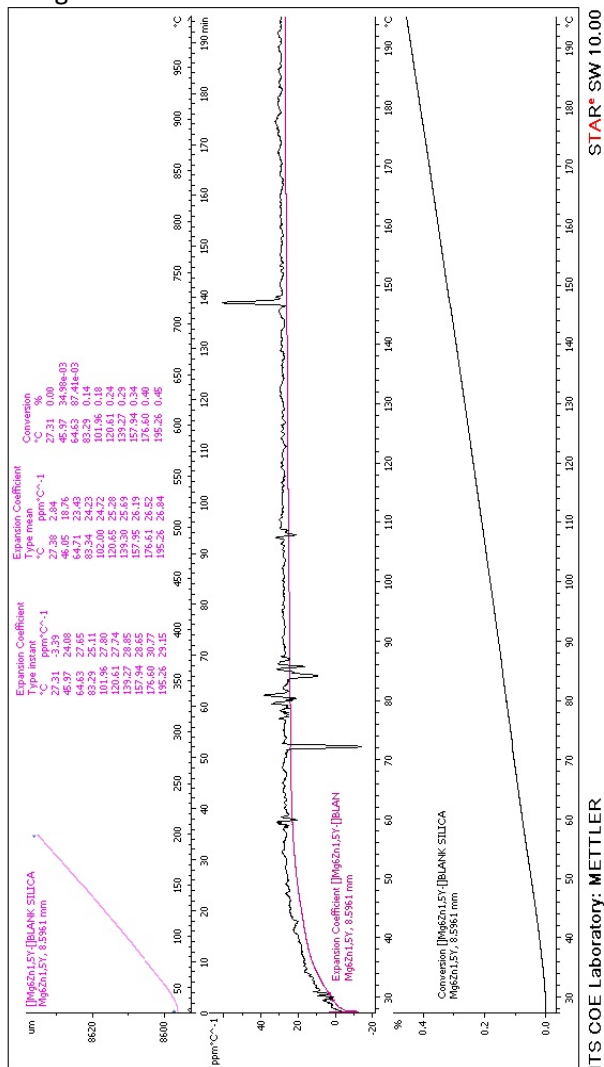
Tabel kekerasan

no	spesimen	D	P	titik	d1	d2	hardness number	rata rata
1	Mg-6Zn	2.5	62.5	1	1.085	1.148	60.5	61.48
		2.5	62.5	2	1.117	1.121	60.2	
		2.5	62.5	3	1.112	1.117	60.7	
		2.5	62.5	4	1.139	1.06	62.1	
		2.5	62.5	5	1.009	1.076	63.9	
2	Mg-6Zn+0.5Y	2.5	62.5	1	1.036	1.04	70.5	71.04
		2.5	62.5	2	1.072	0.987	71.8	
		2.5	62.5	3	1.027	1.049	70.5	
		2.5	62.5	4	1.022	1.045	71.2	
		2.5	62.5	5	1.031	1.036	71.2	
3	Mg-6Zn+1Y	2.5	62.5	1	0.973	0.933	84.3	84.32
		2.5	62.5	2	0.964	0.955	83.1	
		2.5	62.5	3	0.946	0.946	85.6	
		2.5	62.5	4	0.951	0.955	84.3	
		2.5	62.5	5	0.973	0.933	84.3	
4	Mg-6Zn+1.5Y	2.5	62.5	1	0.919	0.928	90	92.8
		2.5	62.5	2	0.897	0.919	93.2	
		2.5	62.5	3	0.915	0.901	93.2	
		2.5	62.5	4	0.901	0.901	94.4	
		2.5	62.5	5	0.892	0.892	93.2	
5	Mg-6Zn+3Y	2.5	62.5	1	0.906	0.888	95.6	96.26
		2.5	62.5	2	0.892	0.883	97.2	
		2.5	62.5	3	0.906	0.883	96.2	
		2.5	62.5	4	0.901	0.892	95.7	
		2.5	62.5	5	0.888	0.897	96.6	

TMA

1. Mg-6Zn+1Y





Perhitungn Komposisi

1. Mg-6Zn

Volume yang digunakan yaitu 15 cm^3

Massa jenis ($Mg = 1.738 \text{ gr/cm}^3$, $Zn = 7.32 \text{ gr/cm}^3$, $Y = 4.472 \text{ gr/cm}^3$)

Mg_6Zn

Massa Mg

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots 1$$

$$1.738 \text{ gr} / \text{cm}^3 = \frac{mMg}{15 \text{ cm}^3}$$

$$1.738 \text{ gr} \times 15 = mMg$$

$$mMg = 26.07 \text{ gr}$$

$$mMg = 26.07 \times 94\%$$

$$mMg = 24.505 \text{ gr}$$

Massa Zn

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$7.32 \text{ gr} / \text{cm}^3 = \frac{mZn}{50.24 \text{ cm}^3}$$

$$7.32 \text{ gr} \times 15 = mZn$$

$$mZn = 109.2$$

$$mZn = 109.2 \times 6\%$$

$$mZn = 6.58 \text{ gr}$$

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Advent H. Hutasoit dilahirkan di kota Medan, 29 desember 1990, merupakan putra dari pasangan Bapak hotlan hutasoit dan Ibu sutlian lumbantoruan. Penulis merupakan anak kelima dari tujuh bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD RK Bintang Kejora , SMP N 2 Lintong Nihuta, dan SMA Negeri 1 Lintong Nihuta. Setelah lulus dari SMA tahun 2009, penulis diterima menjadi mahasiswa di

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS melalui jalur SNMPTN.

Penulis aktif sebagai staff Departemen Minat dan Bakat HMMT FTI ITS periode 2012/2013, Ketua Matrice volleyball Club HMMT FTI-ITS periode 2012/2013. Pada masa perkuliahan, penulis pernah menjadi SC Rangkaian Acara Silver Parade HMMT FTI.

Dalam kegiatan akademik, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT Pertamina Region Cepu,.. Di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ini penulis mengambil Tugas Akhir dalam Bidang Studi Metalurgi Manufaktur.

Alamat penulis saat ini adalah Jl Hidrodinamka Blok T no- 93 Perumahan Dosen ITS Keputih Surabaya , no telpn 081230164696, email : advent_tus@yahoo.com .